



infoBus
<http://colectivos.de>



BORRADOR

Maximiliano Giustetti
(03564) 15603372
mgiustetti@gmail.com

Federico Knüssel
(03564) 15593845
fknussel@gmail.com

Eduardo Scarello
(03564) 15691277
eduardo.scarello@gmail.com



Agradecimientos

A nuestras familias, que nos acompañaron siempre a lo largo de nuestra carrera, apoyándonos y motivándonos a seguir día a día.

A la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional, por brindarnos la posibilidad y oportunidad de crecer como personas y profesionales.

Y a todos aquellos docentes, amigos y compañeros que colaboraron desinteresadamente para permitirnos concretar este trabajo.

Maximiliano, Federico y Eduardo

Diciembre de 2013



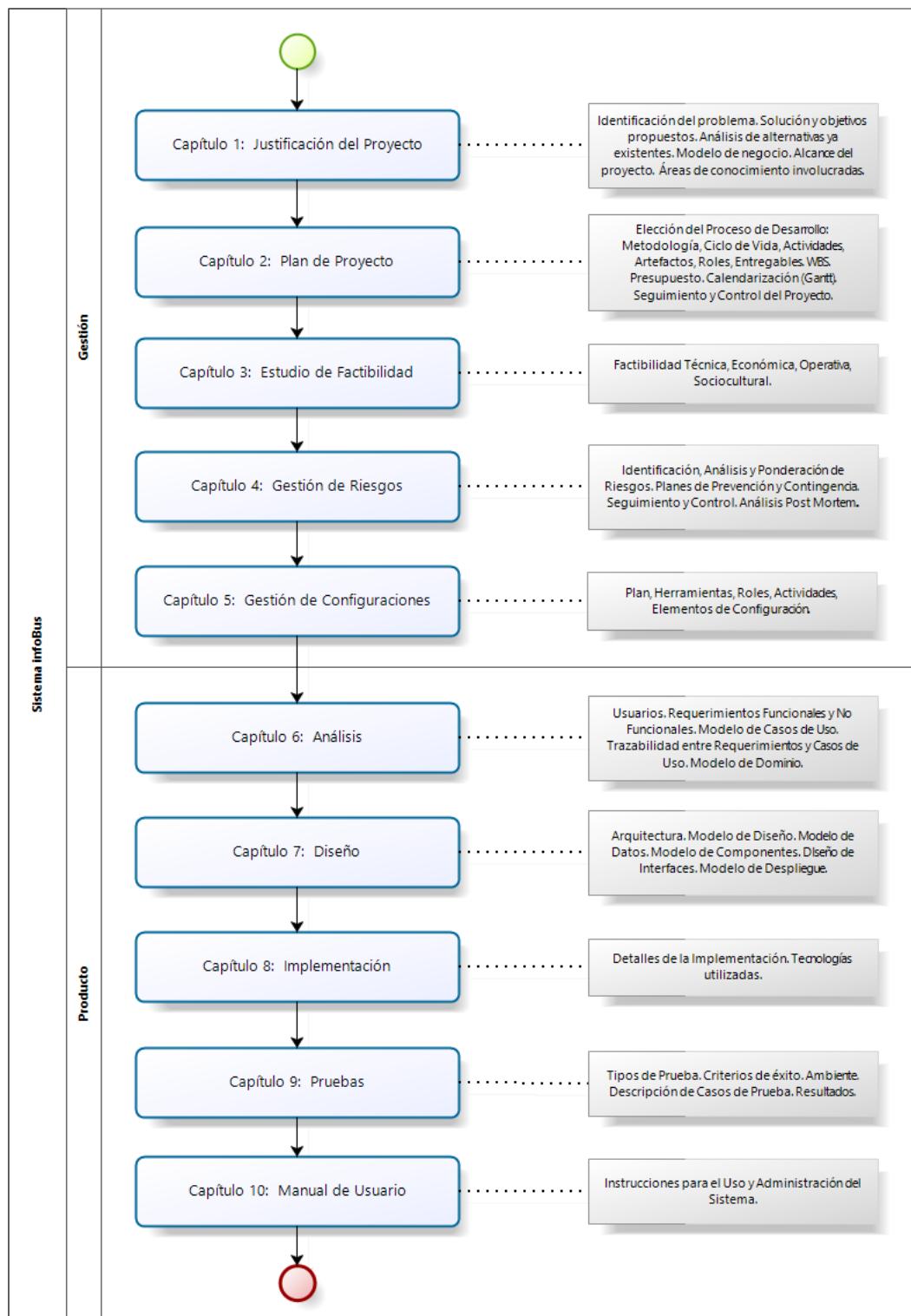
Resumen

infoBus es un sistema de información geográfica multiplataforma pensado para que el usuario conozca, de forma precisa y al instante, el estado del servicio de transporte público de pasajeros de su ciudad. Mediante el rastreo de los vehículos en tiempo real, infoBus permite a los usuarios visualizar, en un mapa digital, no sólo los recorridos y las paradas de las distintas líneas, sino también la ubicación exacta de los distintos colectivos en ese momento.

El sistema permite, además, conocer el instante exacto en que el próximo colectivo de una determinada línea pasará por una parada en particular. Para poder consultar el tiempo de arribo de un colectivo se necesita conocer el código de esa parada. De no conocerse, éste puede ser encontrado filtrando por calles. Las paradas pueden ser almacenadas como favoritas, posibilitando así un acceso rápido a las más utilizadas. La información está disponible durante las 24 horas del día, los 365 días del año. La consulta se realiza mediante Internet, con lo que el servicio es completamente gratuito.



Organización del Documento





Índice de Contenidos

1	Identificación del Problema.....	9
1.1	Entorno y Fundamentos	9
1.2	Situación Actual en la Ciudad de San Francisco	10
1.3	Situación Actual en la Ciudad de Córdoba	11
2	Solución y Objetivos Propuestos.....	13
2.1	Datos de Entrada	14
2.2	Información de Salida	14
2.3	Solución Propuesta	14
2.4	Esquema Preliminar de la Arquitectura	15
3	Límites y Alcance del Proyecto.....	17
4	Esquema de Negocio.....	18
4.1	Oportunidades de Mercado.....	18
4.2	Modelo de Negocios	19
4.3	Plan de Comercialización.....	19
4.4	Política de Precios.....	20
4.5	Validación de la Idea del Proyecto y del Plan de Negocios.....	20
5	Entregables del Proyecto.....	20
6	Áreas de Conocimiento Involucradas.....	22
7	Work Breakdown Structure (WBS).....	23
8	Metodología y Ciclo de Vida	25
8.1	Fases: Serial en lo largo	26
8.2	Disciplinas: Iterativo en lo Pequeño	29
9	Recursos, Roles y Herramientas.....	31
9.1	Recursos Humanos	31
9.2	Roles y Responsabilidades	32
9.3	Componentes de Hardware.....	33
9.4	Herramientas de Software.....	33



10	Calendarización	34
10.1	Diagrama de Gantt	37
10.2	Línea de Tiempo.....	39
11	Seguimiento y Control de la Planificación	39
11.1	Fase de Inicio	40
11.2	Fase de Elaboración	42
11.3	Fase de Construcción	45
11.4	Fase de Transición.....	47
11.5	Conclusión Final	49
12	Estudio de Factibilidad	51
12.1	Factibilidad Técnica	51
12.2	Factibilidad Económica.....	53
12.3	Factibilidad Operativa	54
12.4	Factibilidad Social y Cultural.....	54
13	Plan de Gestión de Riesgos	56
13.1	Identificación, Análisis y Ponderación de Riesgos.....	57
13.2	Prevención y Planes de Contingencia	58
13.3	Seguimiento, Control y Resultados de la Gestión	64
14	Plan de Gestión de Configuraciones.....	68
14.1	Actividades de la Gestión de Configuraciones.....	69
14.2	Roles y Responsabilidades	69
14.3	Identificación de los elementos de configuración	70
14.4	Recuperación de Elementos de Configuración	71
14.5	Herramientas para la Gestión de Configuraciones	72
14.6	Programa para la Gestión de Configuraciones.....	73
15	Especificación de Requerimientos de Software	77
15.1	Características del Usuario	77
15.2	Requisitos Funcionales	78
15.3	Requerimientos No Funcionales	80
16	Modelo de Casos de Uso	83



16.1	Diagrama de Casos de Uso	83
16.2	Descripción de Casos de Uso	85
16.3	Trazabilidad entre Requerimientos y Casos de Uso.....	107
17	Modelo de Dominio	108
17.1	Diagrama de Clases de Análisis.....	108
18	Arquitectura del Sistema	109
19	Modelo de Diseño.....	110
19.1	Diagrama de Componentes	110
19.2	Diagramas de Secuencia.....	111
20	Modelo de Datos.....	115
21	Diseño de Interfaces entre Componentes.....	116
22	Modelo de Despliegue	122
23	Detalles de la Implementación	123
23.1	Base de Datos.....	123
23.2	Web Service.....	124
23.3	Panel de Control para Administradores (Backend)	125
23.4	Aplicación Web Desktop (Frontend).....	126
23.5	Aplicación Web Mobile	126
23.6	Servicio de Mapas.....	127
23.7	Aplicación Android.....	127
23.8	Aplicación para TV	128
23.9	Hardware	129
24	Plan de Pruebas	142
24.1	Tipos de Pruebas	142
24.2	Criterios de Éxito.....	143
24.3	Ambiente de Pruebas	144
24.4	Descripción de Casos de Prueba	144
24.5	Resultados de Ejecución de las Pruebas.....	155
24.6	Conclusiones.....	159
25	Manual de Usuario.....	160



<Gestión>



Capítulo 1

Justificación del Proyecto

1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 ENTORNO Y FUNDAMENTOS

El sistema de transporte público de pasajeros en nuestro país, al contrario de lo que pasa con otras ciudades del mundo, no se caracteriza por ser puntual y suelen haber demoras de varios minutos. Este proyecto intenta ser una solución para los inconvenientes con los tiempos de espera en estaciones de ómnibus y paradas de colectivos que tenemos hoy en día.

Estos tiempos de espera son especialmente un problema en ciudades pequeñas, donde el servicio de transporte urbano de pasajeros tiene muy poca frecuencia. A diferencia de lo que ocurre en las grandes capitales del país, en ciudades que no superan los 100 mil habitantes la frecuencia del servicio de transporte urbano oscila entre 20 minutos y 40 minutos en días hábiles, llegando a 1 hora en feriados y fines de semana.

Inspirados por lo que se vive en San Francisco, se detectó una necesidad que se debe únicamente a la falta de información. Ocurre que muchas veces se llega a la parada de colectivo con mucho tiempo de anticipación; o peor aún, se llega una vez que el colectivo ya pasó. Y perder



un colectivo implica, generalmente, tener que optar por otras formas de transporte más costosas, como taxis y remises.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE SAN FRANCISCO

En San Francisco el sistema de transporte urbano de pasajeros tiene poca frecuencia, las unidades completan una vuelta del recorrido una vez cada 30 minutos aproximadamente¹. Generalmente hay una demora de entre 5 y hasta 15 minutos en cada recorrido. Si bien hay un horario (estático) estimado donde se indica la hora en la que cada línea pasa por cada parada, esta información dista mucho de ser exacta y confiable.



Figura 1.1: Información que se muestra en algunas de las paradas de colectivos de la ciudad de San Francisco.
Los datos que se muestran en las tablas indican la hora en la que el colectivo pasa por cada parada.

¹ http://sanfrancisco.gov.ar/subsistios/transporte_urbano/linea_colectivos.php



Figura 1.2: En algunas paradas de colectivo se muestra un plano de la ciudad con los recorridos de las distintas líneas en colores.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL EN LA CIUDAD DE CÓRDOBA

En la ciudad de Córdoba se implementó, hace poco menos de un año, un nuevo servicio para los pasajeros de la empresa *Coniferal*. Este servicio, promocionado bajo el nombre de *¿Cuándo viene?* permite rastrear colectivos en tiempo real, enviando un SMS (Small Message Service) con el código de la línea y el código de la parada. El servicio devuelve un mensaje de texto en respuesta a nuestra consulta con el tiempo (estimado) que falta para que la próxima unidad de esa línea llegue a la parada en la que se encuentra el usuario.



Figura 1.3: Cartel de la empresa Coniferal que informa sobre el estado de las líneas N1 y N7 de la Ciudad de Córdoba. Hay un único cartel ubicado en la intersección de 9 de Julio y Gral Paz.

En el sitio web de la empresa Coniferal² encontramos las instrucciones para usar el servicio:

Ahora podés conocer en tiempo real cuando llega tu colectivo a la parada. Desde tu celu envíá un mensaje al 70705 con este formato:

TUP [Número de parada] [Línea]

Ej: TUP C2234 N4. El sistema te devolverá los 2 próximos horarios.

Los inconvenientes de este sistema son:

- Se necesita tener crédito para poder enviar un SMS, siendo el costo de cada mensaje de texto aproximadamente \$1.20 + IVA.

² <http://www.coniferalsacif.com.ar>



- La entrega del SMS puede no ser instantánea, por lo que el SMS demora en llegar. Esto hace que el servicio sea poco eficiente / confiable.
- La red de telefonía celular puede estar caída o congestionada, provocando demoras aún mayores en la entrega de los mensajes de texto. Esto sucede, sobre todo, en fechas puntuales como Navidad o Año Nuevo.
- Se necesita conocer el código de la parada y de la línea del colectivo que queremos tomar para poder enviar el SMS consultando el estado del servicio.
- Quizás no todas las personas dispongan de un teléfono celular para poder enviar un SMS. Esto vale, en general, para personas mayores o niños.
- Con todos los avances tecnológicos de los que disponemos en la actualidad, el SMS se convirtió en una solución bastante obsoleta y precaria.

2 SOLUCIÓN Y OBJETIVOS PROPUESTOS

Un *Sistema de Información* es un conjunto de elementos orientados al tratamiento y administración de datos; se busca organizarlos, procesarlos y dejarlos listos para su posterior uso, que siempre apunta a satisfacer una necesidad de información. El desafío consiste en utilizar distintas herramientas tecnológicas para obtener, almacenar, manipular, administrar, controlar, transmitir y recibir datos que permitan, una vez procesados, reducir el nivel de incertidumbre y solucionar una problemática concreta. En este caso en particular, la problemática consiste en el desconocimiento de los horarios de transporte urbano; y la necesidad de información que existe es la de un horario exacto para este medio de transporte.





2.1 DATOS DE ENTRADA

Para poder obtener la información que permita solucionar esta problemática, los datos que se necesitan conocer, almacenar y procesar son:

- La localización geográfica (latitud y longitud) de cada vehículo, la velocidad a la que se está moviendo y el instante exacto en que se capturaron estos datos.
- Un registro histórico de cuánto tiempo le toma a cada línea completar su recorrido. Esto está asociado a las demoras promedio de cada línea, así como también al trazado de su recorrido.

En general, estos datos no están disponibles a menos que la empresa que se encarga de brindar el servicio de transporte público tenga implementado un sistema electrónico de rastreo/monitoreo. Como no se puede suponer que esto será así para la mayoría de los casos, se deberá construir el hardware necesario para capturar estos datos.

2.2 INFORMACIÓN DE SALIDA

La información arrojada por el sistema luego de procesar los datos de entrada será:

- Proyección del tiempo (en función del tiempo estimado basado en datos históricos y de las “condiciones actuales”, como la velocidad a la que se mueve la unidad) para que el colectivo pase por la ubicación actual del usuario.
- Localización de cada unidad en un mapa, en tiempo real.

2.3 SOLUCIÓN PROPUESTA

La idea consiste en colocar en cada estación de ómnibus o en cada parada de colectivos un monitor que permita visualizar, en tiempo real y con la mayor exactitud posible, las posiciones de los colectivos de una determinada línea, junto con estimaciones de los tiempos de espera antes que el vehículo pase por allí.

De la misma forma, y para que sea aún más cómodo y funcional, los usuarios del servicio de transporte podrán consultar la misma información desde su smartphone y desde su computadora.

El monitor que muestra el mapa y las estimaciones de tiempos de espera se conectará a Internet para tomar los datos y mostrarlos. Estos datos de geolocalización estarán centralizados en un servidor accesible vía web, y todas las aplicaciones (web/mobile) consumirán esta misma información.



La propuesta consiste en tener horarios dinámicos que se actualicen en tiempo real. El sistema proporcionará fácil acceso desde múltiples dispositivos. Así, los usuarios no necesitan disponer de crédito en sus dispositivos móviles para consultar esta información. Las consultas son fáciles, rápidas y gratuitas.

El usuario incluso podrá personalizar alarmas para ser notificado cuando determinados colectivos pasen cerca de algún punto predefinido por él. Así, por ejemplo, se disparará una alarma cada vez que un colectivo de alguna línea en particular se encuentre a 500 metros del usuario; de esta forma el usuario puede “apurar su paso” para llegar a tomar el colectivo a tiempo.

2.4 ESQUEMA PRELIMINAR DE LA ARQUITECTURA

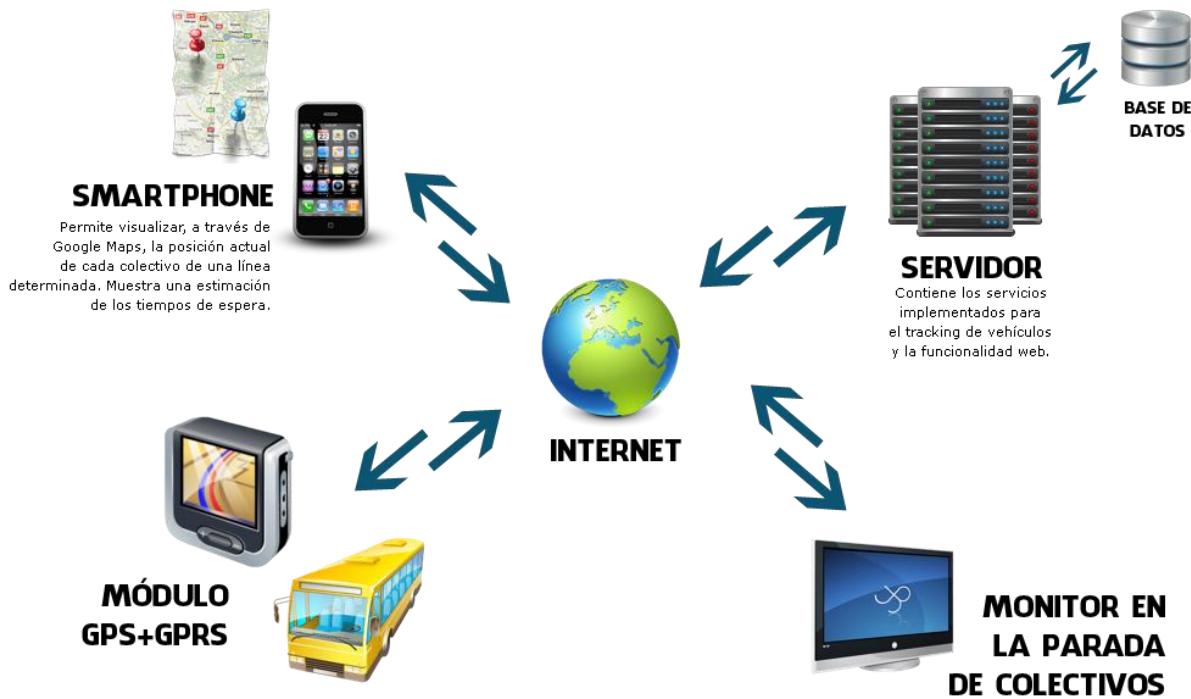
Para soportar correctamente su operación, la estructura del sistema debería ser la siguiente:

- **Funcionalidad Web:** Consulta de tiempos de espera y visualización de mapas.
- **Funcionalidad Mobile:** Consulta de tiempos de espera y visualización de mapas.
- **Funcionalidad para TV:** Consulta de tiempos de espera y visualización de mapas.
- **Funcionalidad Embebida:** Detección automática de la ubicación geográfica del colectivo, determinación de coordenadas y parámetros (latitud, longitud, velocidad) y sincronización con el servidor vía Internet.

Las funcionalidades que ofrecen las interfaces Web y Mobile son exactamente las mismas. Desde el televisor, si bien se puede acceder a la misma información, el usuario no podrá interactuar con la aplicación (esto es, no podrá seleccionar distintas líneas y paradas para realizar la consulta; el televisor únicamente mostrará la información de las líneas que pasan por la parada en el que está colocado).

La idea es que el sistema sea accesible de la mayor cantidad de formas posibles, brindando la misma información por todos los canales, es por ello que se plantean estas tres alternativas de interfaces con el usuario.

El siguiente diagrama tiene por objetivo esquematizar la arquitectura tentativa del sistema:



2.4.1 Base de Datos

La base de datos llevará el registro de paradas, líneas, colectivos por línea y sus posiciones en tiempo real. Deberá guardarse un registro histórico de datos para el cálculo de estadísticas, y de esta forma, generar estimaciones y proyecciones más precisas. Incluso esto permitiría analizar tendencias en la calidad del servicio discriminando los resultados por líneas y por horarios / momentos del día.

2.4.2 Web Service

Este servidor, corriendo bajo GNU/Linux, nos ofrecerá los servicios web más el servicio de base de datos. Este servidor se usaría en un ambiente de pruebas, para productividad lo óptimo sería contratar un servidor dedicado.

2.4.3 Aplicación Web

Desde la aplicación web se podrá acceder a un mapa que muestra la localización de los colectivos de cada línea en tiempo real, estimando para cada uno de ellos tiempos de espera y demoras. Para ello, la aplicación web le solicita al usuario ingresar como datos de entrada la línea de colectivo y la parada sobre las cuales se está realizando la consulta.



2.4.4 Captura de Datos y Conectividad del Módulo GPS

Cada vehículo tendrá integrado un módulo GPS para geolocalización, un módulo GPRS para el envío de datos y un microcontrolador para la captura de datos del módulo GPS y su posterior envío al servidor a través de Internet.

El funcionamiento de este módulo de hardware es sencillo: en todo momento del recorrido, a intervalos regulares de aproximadamente 10 segundos, se envían automáticamente sus coordenadas al servidor. Estos cambios se reflejan inmediatamente en los mapas, por lo que la información está actualizada en todo momento.

2.4.5 Aplicación Mobile

Desarrollada para dispositivos corriendo el sistema operativo Android (sin dudas, el más popular de los sistemas operativos para Smartphones en San Francisco y la región), la aplicación Mobile solicita ingresar como datos de entrada la línea de colectivo y la parada en la que el usuario está esperando. Si el usuario tiene GPS activado en su Smartphone, la parada se detectará automáticamente. La aplicación mostrará la posición actual de todos los colectivos de esa línea en un mapa, y también el tiempo estimado para que el próximo colectivo de la línea pase por la parada en cuestión. Esta aplicación deberá poder descargarse gratuitamente desde Google Play.

2.4.6 Aplicación Web Mobile

Para el caso en que el usuario no disponga de un Smartphone con sistema operativo Android se desarrollará, además, una aplicación Web Mobile que proporcione acceso desde cualquier teléfono móvil, sin importar su sistema operativo o fabricante. Esta aplicación tendrá las mismas funcionalidades que la aplicación web y la aplicación Android.

2.4.7 Aplicación para Monitor (TV) ubicado en la Parada

Para el caso de los monitores, y para simplificar el alcance del proyecto, podría usarse un ordenador de placa reducida (como Raspberry Pi o BeagleBoard) conectado a Internet y al monitor, de forma tal que consuma la información provista por la Aplicación Web (punto 3.4.2) previa configuración y seteo de las líneas correspondientes a esa parada.

3 LÍMITES Y ALCANCE DEL PROYECTO

En el desarrollo de este proyecto se llevarán a cabo, mínimamente, las siguientes actividades:

- Estudio de Factibilidad
- Gestión de Riesgos



- Gestión de Configuraciones
- Captura de Requerimientos
- Análisis
- Diseño
- Implementación
- Pruebas
- Confección del Manual de Usuario y de Sistema

El resultado del proyecto será el sistema *infoBus*, que incluye todos los componentes de software y de hardware necesarios para su correcto funcionamiento, así como también su respectiva documentación.

Al tratarse de un proyecto de índole académica, únicamente se desarrollará el hardware correspondiente a una unidad, es decir, el hardware necesario para que un colectivo sea localizado geográficamente en todo momento.

4 ESQUEMA DE NEGOCIO

El plan de negocios reúne toda la información necesaria para evaluar el proyecto y los lineamientos generales para ponerlo en marcha. Presentar este plan es fundamental para buscar financiamiento, socios o inversionistas, y sirve como guía para quienes están al frente del proyecto.

4.1 OPORTUNIDADES DE MERCADO

Al realizarse un análisis de los productos competidores y/o sustitutos se pone de manifiesto la no existencia de gran cantidad de productos con funcionalidad similar. Las alternativas, al momento de encarar al proyecto, son:

- **Sistemas que funcionan a través de SMS.** Tienen poca exactitud, y su uso no es gratuito.
- **Sistemas similares para rastreo de trenes/subtes, únicamente disponibles en Capital Federal.** No permiten al usuario acceder a la información desde dispositivos móviles.

Las ventajas competitivas del producto a obtener, en comparación con los productos competidores mencionados anteriormente, son:

- El producto es fácilmente adaptable y extrapolable a otros sistemas de transporte público de pasajeros: trenes, subtes, transporte interurbano de media y larga distancia.
- De por sí, el hardware necesario para geolocalizar vehículos en tiempo real es muy costoso. En este proyecto se pretende reducir estos costos diseñando y desarrollando



desde cero, y con componentes asequibles, un equipo que preste las mismas funcionalidades que los equipos de rastreo que existen en el mercado en la actualidad, pero a precios muy inferiores.

- El uso del sistema no tiene costo, a diferencia de los productos competidores o sustitutos. Solamente hay que disponer de una conexión a Internet. Hoy en día, muchas ciudades ofrecen servicio de WiFi gratuito; este es el caso de San Francisco.
- Prácticamente no hay "competencia", son muy pocas las ciudades en el país en las que se están implementando soluciones de este tipo. El hecho de ser uno de los primeros sistemas de este tipo representa una ventaja importante.
- El mercado es amplio y la problemática planteada puede solucionarse a partir del uso de este producto. Otros productos competidores o sustitutos ofrecen soluciones parciales o resultados poco precisos.

4.2 MODELO DE NEGOCIOS

Ya que no se trabajará con un cliente en particular, la idea es ofrecer el sistema *infoBus* como un servicio a distintos clientes de forma simultánea. Es por ello que se registró el dominio:

www.colectivos.de

La elección de este nombre de dominio no es casual. La idea es que, a futuro, este sistema esté implementado en distintas ciudades del país. Así, por ejemplo, los usuarios del servicio de transporte urbano de San Francisco accederán al sistema *infoBus* desde la URL <http://colectivos.de/sanfrancisco>, mientras que los usuarios de Córdoba accederán desde <http://colectivos.de/cordoba>. El nombre de dominio es sencillo y fácil de recordar, lo que resulta en una ventaja para que los usuarios se vuelquen al uso del sistema.

4.3 PLAN DE COMERCIALIZACIÓN

El proyecto se construirá sobre la idea de ofrecer un producto / servicio de "paquete cerrado" a empresas o Municipalidades que brinden el servicio de transporte urbano en diferentes ciudades del país. Se ofrecerá, como un todo, el software y el hardware necesario para que el sistema se ponga en marcha.

El diseño de la base de datos, el desarrollo del Web Service, la lógica detrás del procesamiento de datos, el diseño de las placas (hardware), la aplicación web / Android / para TV se realiza una única vez. Lo único que debe hacerse ante un nuevo cliente es relevar los recorridos de las distintas líneas de colectivo de esa ciudad, desarrollar tantos equipos de hardware como



colectivos haya, crear una nueva base de datos para dicho Cliente y, por último, realizar pequeños ajustes y modificaciones para que el sistema empiece a funcionar en esa ciudad.

El mismo equipo de desarrollo del proyecto será el encargado de la implementación y puesta en marcha del sistema *infoBus* en la ciudad del Cliente.

4.4 POLÍTICA DE PRECIOS

Resulta razonable que el precio de venta sea fijado en función de la cantidad de dispositivos electrónicos adquiridos por el cliente: a mayor cantidad se podrían aplicar descuentos. Este costo del equipamiento (hardware) será por única vez. Por otro lado, el sistema tendrá un costo mensual o anual fijo en concepto de mantenimiento del Web Service y la base de datos. El mantenimiento del hardware no estaría incluido en el precio del producto / servicio, por lo que debería ser contratado por separado.

El acceso a la aplicación web será gratuito. De la misma forma, la aplicación Android se podrá descargar sin costo alguno desde Google Play.

Por último, se deja abierta la posibilidad de customización / personalización del sistema, esto es, el cliente podrá solicitar realizar modificaciones en el sistema para adaptarlo a características particulares del ámbito de esa ciudad.

4.5 VALIDACIÓN DE LA IDEA DEL PROYECTO Y DEL PLAN DE NEGOCIOS

Se ha tenido la oportunidad de validar el plan de negocios con un potencial cliente (concretamente la Municipalidad de la Ciudad de Villa Carlos Paz) quien ha revisado tanto la idea del proyecto como el plan de negocios y está interesado en la oferta, aunque aún se está a la espera de su confirmación.

5 ENTREGABLES DEL PROYECTO

Los siguientes artefactos constituirán los entregables al final del desarrollo del proyecto:



ARTEFACTO	DESCRIPCIÓN
<h2>Componentes de Hardware</h2>	<p>El hardware consiste en un equipo de dimensiones 10 cm (ancho) x 7.5 cm (alto) x 15 cm (profundidad) que contiene, en su interior, tres placas comunicadas entre sí:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Circuito para manejo del módulo GPS: permite geolocalizar al colectivo. • Circuito para manejo del módulo GPRS: permite conectarse con el Web Service para enviar datos de geolocalización. • Circuito para manejo del microcontrolador: encargado del procesamiento de datos de geolocalización. <p>Se provee, así mismo, del cableado necesario para conectar el equipo a una fuente de alimentación (batería del colectivo).</p>
<h2>Componentes de Software</h2>	<p>El software a entregarse consiste en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplicación para dispositivos Android: puede descargarse directamente desde Google Play, el código fuente estará disponible en el repositorio de Google Code. • Aplicación Web Mobile para dispositivos cuyo sistema operativo no sea Android: puede accederse desde http://colectivos.de, el código fuente estará disponible en el repositorio de Google Code. • Aplicación Web (Frontend) para que los usuarios usen desde Internet: puede accederse desde http://colectivos.de, el código fuente estará disponible en el repositorio de Google Code. • Aplicación Web (Backend) para que los administradores configuren y parametricen el sistema: puede accederse desde http://administracion.colectivos.de, por motivos de seguridad el código fuente no se liberará en Google Code, solamente le será entregado al cliente. • Web Service: software para la recepción y procesamiento de datos enviados por el hardware, así como también para responder las consultas generadas desde las distintas aplicaciones de usuario. • Base de datos: script SQL para crear la estructura de la base de datos en el servidor.



Manual de Instalación	Documento con instrucciones detalladas que guiarán paso a paso al cliente en la instalación, configuración y puesta a punto del sistema.
Manual de Usuario	Documento con instrucciones detalladas que guiarán paso a paso al usuario final del sistema en el uso del mismo.
Documento de Gestión del Proyecto	<p>Este artefacto, que constituye la primer parte del presente documento, incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Planificación del Proyecto • Seguimiento del Plan de Proyecto • Estudio de Factibilidad • Plan de Gestión de Riesgos • Plan de Gestión de Configuraciones • Plan de Pruebas
Modelado del Sistema	<p>Este artefacto, que constituye la segunda parte del presente documento, incluye:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Modelo de Requerimientos • Modelo de Análisis • Modelo de Diseño

6 ÁREAS DE CONOCIMIENTO INVOLUCRADAS

A grandes rasgos, todas las asignaturas de la carrera Ingeniería en Sistemas de Información intervinieron y contribuyeron, en mayor o menor medida, al desarrollo de este proyecto. Sin embargo, los contenidos de algunas cátedras tuvieron un papel preponderante:

- **Área Formación Básica Homogénea:** Probabilidades y Estadísticas, Inglés I y II.
- **Área Programación:** Algoritmos y Estructuras de Datos, Gestión de Datos.
- **Área Computación:** Arquitectura de las Computadoras, Sistemas Operativos, Comunicaciones, Redes de Información, Redes Avanzadas, Arquitecturas Móviles.
- **Área Sistemas de Información:** Análisis de Sistemas, Diseño de Sistemas, Administración de Recursos, Ingeniería de Software, Ingeniería de Software Orientada a Objetos, Proyecto Final.



Capítulo 2

Plan de Proyecto

7 WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS)

Naturalmente, antes de planificar el desarrollo de cualquier proyecto se tiene que determinar, con cierto nivel de detalle, qué es lo que se va a construir. Resulta virtualmente imposible planificar del proyecto si primero no se identifica y especifica la estructura de descomposición de trabajo para el sistema que se está desarrollando.

Una *Work Breakdown Structure* (WBS) es una presentación simple y organizada del trabajo requerido para completar el proyecto. No es, bajo ningún punto de vista, una lista exhaustiva de trabajo, sino que se trata de una descripción completa del alcance del proyecto. Tampoco se trata de un plan de proyecto, de un calendario de trabajo ni mucho menos de un listado cronológico de tareas. Una WBS detalla qué se tiene que hacer, no cuándo ni cómo.

La WBS es una descomposición jerárquica y exhaustiva del trabajo a realizar durante el proyecto. Todas las tareas que deban ser llevadas a cabo deben poder rastrear su origen en una o más entradas de la WBS.

A continuación se incluye la WBS para el sistema *infoBus*:



1. infoBus

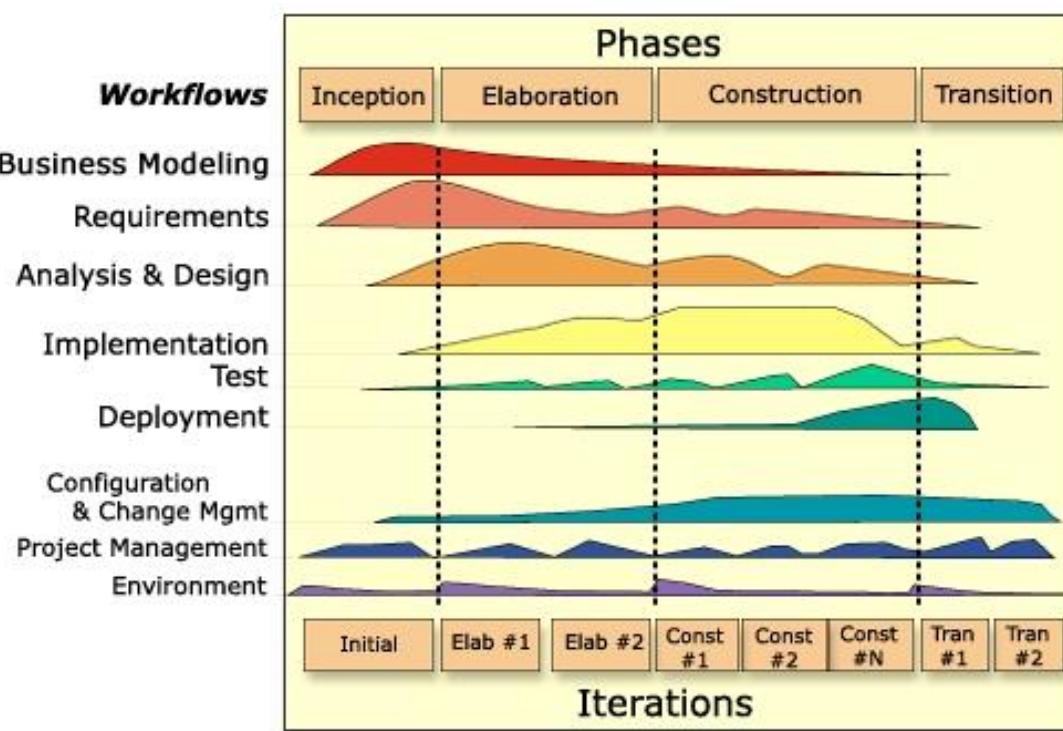
SISTEMA	SUBSISTEMAS	MÓDULOS COMPONENTES
	1.1. Sistema Embebido	1.1.1. Placa Microcontrolador (MCU) + GPS + LCD + Teclado + Botón Anti Pánico 1.1.2. Placa GPRS 1.1.3. Placa Alimentación
	1.2. Aplicación Android	1.2.1. Consulta de tiempos de espera para una determinada parada 1.2.2. Mostrar mapa con la posición actualizada de los colectivos de una determinada línea
	1.3. Aplicación Web	1.3.1. Frontend: Sitio web para el usuario final 1.3.1.1. Consulta de tiempos de espera para una determinada parada 1.3.1.2. Mostrar mapa con la posición actualizada de los colectivos de una línea 1.3.2. Backend: Panel de control para los administradores del sistema 1.3.2.1. Gestión (CRUD) de líneas y recorridos 1.3.2.2. Gestión (CRUD) de colectivos por línea 1.3.2.3. Gestión (CRUD) de paradas por línea
	1.4. Aplicación Web Mobile	1.4.1. Consulta de tiempos de espera para una determinada parada 1.4.2. Mostrar mapa con la posición actualizada de los colectivos de una determinada línea
	1.5. Aplicación para TV	1.5.1. Conexión Raspberry Pi – TV 1.5.2. GUI con información resumida Únicamente muestra información relacionada con las líneas que pasan por la parada en donde está colocado el monitor / TV. No hay interacción con el usuario.
	1.6. Web Service	1.4.1. Base de datos 1.4.2. Captura, Procesamiento y Almacenamiento de datos enviados por el hardware 1.4.3. Proveedor de contenidos Web Service propiamente dicho, permite a las aplicaciones que sirven de interfaz con el usuario consumir datos mediante consultas predefinidas 1.4.4. Capa de seguridad



8 METODOLOGÍA Y CICLO DE VIDA

Rational Unified Process, o RUP, es una plataforma flexible de procesos de desarrollo de software que ayuda brindando guías consistentes y personalizadas para todo el equipo del proyecto. Debido a su popularidad tanto en el desarrollo de sistemas de software en la industria como en el ámbito académico, se lo tomará como base para el desarrollo del sistema *infoBus*, adaptándolo y personalizándolo a las necesidades del proyecto y al equipo de trabajo.

RUP, propiedad de IBM, es un proceso de desarrollo de sistemas prescriptivo y bien definido, basado en algunos principios populares de desarrollo de software, como ser tomar un **enfoque iterativo incremental, dirigido por casos de uso y centrado en la arquitectura**. RUP provee diversos mecanismos para dotar al proceso de desarrollo con cierta visibilidad en lo administrativo, tal como iteraciones a corto plazo con objetivos bien definidos y puntos de decisión al final de cada fase para decidir si continuar con el proyecto o no.



La figura ilustra el ciclo de vida de RUP. En esta gráfica, a la que muchos autores denominan *hump chart*, las diferentes curvas o *humps* para cada disciplina hacen referencia a la probabilidad de estar haciendo trabajo relacionado con esa disciplina en alguna de las cuatro fases, dando una idea aproximada del esfuerzo requerido para cada una de las disciplinas o *workflows*.



El ciclo de vida de RUP puede ser definido, a grandes rasgos, como:

- *Serial en lo largo*
- *Iterativo en lo pequeño*
- *Entregas incrementales a lo largo del tiempo*
- *Sigue un conjunto de "best practices"*

8.1 FASES: SERIAL EN LO LARGO

RUP está estructurado en dos dimensiones: por un lado, y sobre el eje horizontal, tenemos las distintas **fases** (**Inicio, Elaboración, Construcción, Transición**) que representan las actividades que tienen lugar a lo largo del proyecto.

La esencia serial de RUP está capturada por las fases, mientras que su naturaleza iterativa de RUP se pone de manifiesto en las distintas disciplinas. Informalmente se puede afirmar que las fases proporcionan el “pegamento” que mantiene a RUP unido, pero son las distintas disciplinas de RUP las que capturan su esencia.

Cada una de las fases termina con un hito o *milestone* bien definido. En estos puntos, los *stakeholders* evalúan el proyecto, incluyendo lo que se ha hecho hasta el momento y los planes para seguir avanzando. En estos puntos se decide si se sigue o no con el proyecto.

Cada fase tiene un conjunto de objetivos asociados, los cuales son realizados en las distintas iteraciones de cada fase. La cumplimentación de estos objetivos resulta fundamental para poder alcanzar los hitos en tiempo y forma.

Las estadísticas muestran que, en general, los proyectos típicos de RUP usan aproximadamente un 10% del tiempo en la fase de Inicio, 25% en la fase de Elaboración, 55% en la fase de Construcción y 10% en la fase de Transición. Por más que estos porcentajes puedan – y seguramente lo hagan – variar de una organización en otra o incluso de un proyecto en otro, sirven como una buena aproximación inicial para tener en cuenta a la hora de planificar el proyecto y asignar recursos.

La tabla siguiente muestra un detalle de los objetivos a ser alcanzados en cada una de las cuatro fases del proyecto *infoBus*. Cada fase termina con un hito bien definido, generalmente un entregable (ya sea un documento, un software o un componente de hardware).



FASE	DESCRIPCIÓN DE OBJETIVOS E HITOS	
Inicio	OBJETIVOS	<p>En la fase de Inicio se busca, principalmente, lograr el consenso con los <i>stakeholders</i> con respecto de la visión del proyecto (qué se espera de él) y los recursos necesarios para su realización: qué se va a hacer, para qué se lo va a hacer y cuánto va a costar. Para ello se llevará a cabo un modelo de requerimientos de alto nivel para delimitar el alcance del proyecto. En esta fase también se comienza a preparar el ambiente de trabajo, se personaliza el proceso de desarrollo según el equipo y el proyecto, y puede plantearse un esquema preliminar de la arquitectura.</p>
	HITOS	<p><u>OBJETIVOS DEL CICLO DE VIDA (LCO)</u></p> <p>Al finalizar la fase de Inicio, los <i>stakeholders</i> tienen que evaluar el estado del proyecto y ponerse de acuerdo en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alcance fijado para el proyecto. • Estimación de recursos. • Requerimientos iniciales capturados. • Arquitectura preliminar para el sistema. • Planificación (cronograma inicial de fases) realista. • Proceso de desarrollo adaptado al equipo y al proyecto. • Factibilidad técnica, económica y operativa del proyecto. • Aceptación de los Riesgos identificados.
Elaboración	OBJETIVOS	<p>Durante la fase de Elaboración los requerimientos se especifican con un mayor nivel de detalle y se evoluciona el diseño de la arquitectura del sistema. Para asegurarse que la arquitectura definida es suficiente para dar soporte a todos los requerimientos, se implementan y prueban prototipos de las funcionalidades más trascendentales y riesgosas del proyecto. En el caso particular del proyecto <i>infoBus</i>, luego de elegir y adquirir los componentes de hardware que mejor se adaptan a la arquitectura del sistema, deberán desarrollarse pequeñas aplicaciones para probar las comunicaciones entre estos módulos componentes de hardware y el Web Service.</p>



Construcción	<h3><u>ARQUITECTURA DEL CICLO DE VIDA (LCA)</u></h3> <p>Al finalizar la fase de Elaboración, los <i>stakeholders</i> tienen evaluar el estado del proyecto y ponerse de acuerdo en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Requerimientos definidos. • Arquitectura estable y suficiente para satisfacer todos los requerimientos. • Los costos y tiempos estimados son razonables. • Los planes detallados para las iteraciones de la fase siguiente (Construcción) tienen sentido.
	<p>El foco en la fase de Construcción está puesto en desarrollar el sistema al punto que esté listo para su despliegue. El énfasis ahora está puesto en diseñar una solución para satisfacer los requerimientos, construir esa solución (hardware y software) y probarla.</p>
	<h3><u>CAPACIDAD OPERACIONAL INICIAL (IOC)</u></h3> <p>Al finalizar la fase de Construcción, los <i>stakeholders</i> tienen evaluar el estado del proyecto y ponerse de acuerdo en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El software / hardware y la documentación correspondiente son aceptables para ser desplegados. • Los <i>stakeholders</i> están listos para que el sistema sea desplegado y puesto en producción. • Los riesgos se siguen gestionando de forma correcta. • La planificación de la primera iteración de la fase de Transición está terminada.



Transición	OBJETIVOS <p>La fase de Transición se enfoca en llevar al sistema a un entorno de producción, donde se somete a pruebas de validación y aceptación por parte de los encargados de testing, el cliente y los usuarios finales. Generalmente en esta etapa se capacita y entrena a los usuarios del sistema y se realiza todo el trabajo necesario para “pulir” los últimos detalles.</p>
HITOS	<p style="text-align: center;"><u>LIBERACIÓN DEL PRODUCTO (PR)</u></p> <p>Al finalizar la fase de Elaboración, los <i>stakeholders</i> tienen evaluar el estado del proyecto y ponerse de acuerdo en los siguientes puntos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema (incluyendo la documentación asociada) fue validado y se determinó que está listo para ser desplegado en un ambiente de producción. • Una vez en producción, el sistema podrá ser operado sin mayores inconvenientes y podrá dársele soporte sin problemas. • Estimaciones para costos futuros, por ejemplo, reemplazo de un componente de hardware que deje de funcionar.

8.2 DISCIPLINAS: ITERATIVO EN LO PEQUEÑO

Las fases de RUP están divididas en una o más iteraciones o incrementos. Estas iteraciones se enfocan únicamente en una parte del sistema que se está desarrollando, a diferencia del enfoque en cascada que trata de terminar el sistema todo junto y de una sola vez.

Cada iteración tiene un plan bien detallado con un objetivo claramente definido, y se construye sobre el trabajo realizado en iteraciones anteriores (justamente es aquí donde se pone de manifiesto la naturaleza incremental de RUP).

Durante una iteración se seleccionan algunos requerimientos, se analizan, se diseñan, se codifican, se prueban y se integran a los productos resultantes de iteraciones previas.

La tabla a continuación contiene un detalle de las iteraciones que se llevarán a cabo en cada una de las fases del desarrollo del proyecto *infoBus*:



FASE	ITERACIONES	DESCRIPCIÓN
Inicio	1	<p>ITERACIÓN 1.1: Definición de la Idea / Límites / Alcance del Proyecto y Comprensión del Dominio del Problema. Una única iteración en la que se formaliza la idea del proyecto, se realiza una primera aproximación del dominio del problema y del modelo de negocio, y se determinan los límites y el alcance del proyecto.</p>
Elaboración	2	<p>ITERACIÓN 2.1: Definición de Arquitectura Candidata. En la primera iteración de la fase de Elaboración se determinan los requerimientos funcionales y no funcionales; se propone una arquitectura candidata para el sistema y se evalúa si esta arquitectura es capaz de dar soporte para todos los requerimientos (tanto funcionales como no funcionales).</p> <p>ITERACIÓN 2.2: Mapeo de Requerimientos a Casos de Uso y Correcciones en Arquitectura. En la segunda iteración de esta fase se refinan los requerimientos funcionales y no funcionales y luego se traducen en casos de uso. También se realizan correcciones a la arquitectura candidata determinada en la iteración anterior.</p>
Construcción	7	<p>ITERACIÓN 3.1: Placa Microcontrolador (MCU) + GPS + LCD + Teclado + Botón Anti Pánico. Se desarrollan en esta iteración los componentes de hardware que permiten localizar geográficamente a los colectivos, lo que implica diseñar, construir y probar la placa. Además se dota al hardware de funcionalidad extra, como ser el botón Anti Pánico, el teclado para seleccionar la línea y el display LCD.</p> <p>ITERACIÓN 3.2: Placa GPRS + Alimentación + Integración. Se desarrollan en esta iteración las dos placas restantes para completar el hardware: la del GPRS para enviar los datos de geolocalización al Web Service, y la de Alimentación para proveer de valores adecuados de energía eléctrica al equipo. Se realiza, además, la integración entre todos los componentes de hardware.</p> <p>ITERACIÓN 3.3: Base de Datos + Módulo de Captura, Procesamiento y Almacenamiento de datos enviados por el hardware. Se desarrolla el módulo que permite tomar los datos enviados desde el hardware y almacenarlos – previo procesamiento – en la base de datos. Además se trabaja en la integración de los distintos componentes de hardware y de software.</p>



Transición

1

ITERACIÓN 3.4: Proveedor de contenidos + Capa de Seguridad. Se desarrolla el Web Service propiamente dicho junto con las medidas de seguridad necesarias para garantizar la integridad de los datos y el buen funcionamiento del servicio.

ITERACIÓN 3.5: Aplicación Web (Frontend) + Aplicación Web Mobile + Aplicación para TV. Con base en la iteración anterior, se desarrollan los sitios web para escritorio, dispositivos móviles y para los monitores en las paradas de colectivo. La funcionalidad de estas tres aplicaciones es la misma.

ITERACIÓN 3.6: Aplicación Web (Backend). Desarrollo del panel de control web para que el cliente auto gestione el sistema.

ITERACIÓN 3.7: Aplicación Android. En la última iteración de la fase de Construcción se desarrolla la aplicación para dispositivos Android.

ITERACIÓN 4.1: Puesta en Producción, Capacitación y Evaluación de Resultados del Proyecto. En esta única iteración de la última fase se lleva a cabo la puesta en producción del sistema, se genera todo el material necesario para capacitar tanto al cliente como a los usuarios finales y se lleva a cabo un "Análisis Post Mortem" del proyecto desde un enfoque retrospectivo para analizar la evolución del proyecto en todas sus fases y calcular desvíos en tiempos y recursos estimados.

9 RECURSOS, ROLES Y HERRAMIENTAS

Todo proyecto requiere, para su realización, la disponibilidad de una serie de recursos. Estos recursos no son únicamente financieros, también se necesitan recursos humanos capacitados, recursos físicos y tecnológicos.

A continuación se presentan las estimaciones de requerimientos financieros, humanos y tecnológicos para la ejecución del proyecto *infoBus*.

9.1 RECURSOS HUMANOS

NOMBRE DEL RECURSO	DENOMINACIÓN EN DIAGRAMA GANTT
Maximiliano Giustetti	MG
Federico Knüssel	FK
Eduardo Scarello	ES



9.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES

Debido al tamaño del proyecto y a lo reducido del equipo de trabajo, se tomarán únicamente aquellos roles de RUP que se consideren realmente útiles y necesarios:

ROL	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLES
Jefe de Proyecto PROJECT MANAGER	Tiene a su cargo la correcta realización de tareas y el seguimiento del plan.	Maximiliano Giustetti, Federico Knüssel, Eduardo Scarello,
Ingeniero de Proceso PROJECT MANAGER	Responsable de los aspectos formales del proyecto, decide sobre cuestiones del proceso de desarrollo.	Eduardo Scarello
Analista Funcional SYSTEMS ANALYST & REQUIREMENTS SPECIFIER	Encargado de la definición de requerimientos, mapeo con casos de uso y entendimiento del dominio del problema.	Maximiliano Giustetti
Modelador ANÁLISIS & DISEÑO	Responsable de los modelos de Análisis (dominio del problema) y de Diseño (dominio de la solución).	Federico Knüssel Eduardo Scarello
Arquitecto SOFTWARE & HARDWARE	Encargado de decidir sobre las tecnologías a utilizarse en la realización del proyecto.	Federico Knüssel
Implementador de Software	Encargado de implementar los componentes de software.	Maximiliano Giustetti, Federico Knüssel, Eduardo Scarello,
Implementador de Hardware	Encargado de diseñar y construir los componentes de hardware necesarios.	Eduardo Scarello
Administrador de Base de Datos	Responsable de la estructura, los datos y la seguridad del Web Service / Base de datos.	Federico Knüssel
Test Manager	Encargado de diseñar, llevar a cabo y analizar los resultados de las pruebas.	Maximiliano Giustetti
Configuration Manager	Gestiona el plan, las políticas y el ambiente para llevar a cabo una correcta y eficiente gestión de configuraciones.	Maximiliano Giustetti



9.3 COMPONENTES DE HARDWARE

RECURSO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (*)
Módulo GPS-FV-M8	1 (uno)	\$230
Módulo GPRS + SIM Socket + Antena GSM	1 (uno)	\$460
Microcontrolador	1 (uno)	\$72
Protoboard	2 (dos)	\$60
Componentes Electrónicos Varios Display LCD, Resistencias, Transistores, Diodos, Capacitores, Cables, Pulsadores, Zócalos, Gabinete		\$198
Tarjeta SIM + Plan de Datos	1 (uno)	\$30
Alojamiento Web	1 (uno)	\$220
Dominio www.colectivos.de	1 (uno)	\$54
Notebook	3 (tres)	
Herramientas Varias Soldador de Estaño, Perforadora		

(*) Los precios unitarios expuestos en la tabla anterior están expresados en Pesos Argentinos (ARS) y corresponden a cotizaciones de empresas de la ciudad de Córdoba en Agosto de 2012.

9.4 HERRAMIENTAS DE SOFTWARE

RECURSO	CANTIDAD	LICENCIA
Microsoft Office 2010	3 (tres)	Educativa
Star UML	3 (tres)	Open Source
Dropbox	1 (uno)	Gratuito
Google Code	1 (uno)	Gratuito
Tortoise SVN	3 (tres)	Open Source
MySQL Workbench CE	1 (uno)	Community Edition
CCS C Compiler	1 (uno)	Freeware
EAGLE PCB Design Software	1 (uno)	Freeware
Android Studio	1 (uno)	Freeware



10 CALENDARIZACIÓN

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	Project	Proyecto infoBus	211 days	Mon 8/6/12	Mon 5/27/13	
2	Task	FASE 1: INICIO	35 days	Mon 8/6/12	Fri 9/21/12	
3	Task	ITERACIÓN 1.1: Definición de la Idea / Límites / Modelado de Negocio	35 days	Mon 8/6/12	Fri 9/21/12	
4	Task	Análisis de la problemática	2 days	Mon 8/6/12	Tue 8/7/12	
5	Task	Entendimiento del dominio del problema	3 days	Wed 8/8/12	Fri 8/10/12	5
6	Task	Requerimientos	7 days	Mon 8/13/12	Tue 8/21/12	4
7	Task	Evaluación de sistemas alternativos en otras	3 days	Mon 8/13/12	Wed 8/15/12	
8	Task	Definición de una solución al problema (idea)	2 days	Thu 8/16/12	Fri 8/17/12	8
9	Task	Definición de los límites y alcance del proyecto	2 days	Mon 8/20/12	Tue 8/21/12	9
10	Task	ANÁLISIS Y DISEÑO	1 day	Wed 8/22/12	Wed 8/22/12	7
11	Task	Definición de un esquema preliminar de la Gestión del Proyecto	1 day	Wed 8/22/12	Wed 8/22/12	
12	Task	Gestión del Proyecto	8 days	Thu 8/23/12	Mon 9/3/12	11
13	Task	Estudio de Factibilidad	4 days	Thu 8/23/12	Tue 8/28/12	
14	Task	Gestión Preliminar de Riesgos	2 days	Wed 8/29/12	Thu 8/30/12	14
15	Task	Estimaciones, planificación y calendarización de Gestión de Configuraciones	2 days	Fri 8/31/12	Mon 9/3/12	15
16	Task	5 days	Tue 9/4/12	Mon 9/10/12	13	
17	Task	Plan para la control de configuraciones	3 days	Tue 9/4/12	Thu 9/6/12	
18	Task	Preparación del ambiente de versionado	2 days	Fri 9/7/12	Mon 9/10/12	18
19	Task	Ambiente	9 days	Tue 9/11/12	Fri 9/21/12	17
20	Task	Identificación y evaluación de herramientas	2 days	Tue 9/11/12	Wed 9/12/12	
21	Task	Identificación, evaluación e investigación de	5 days	Thu 9/13/12	Wed 9/19/12	21
22	Task	Puesta a punto del ambiente de desarrollo	2 days	Thu 9/20/12	Fri 9/21/12	22
23	Task	Presentación de la idea del proyecto a la Cátedra	0 days	Fri 9/21/12	Fri 9/21/12	20

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
25	Task	FASE 2: ELABORACIÓN	59 days	Mon 9/24/12	Thu 12/13/12	2
26	Task	ITERACIÓN 2.1: Definición de Arquitectura Candidata	46 days	Mon 9/24/12	Mon	
27	Task	Modelado de Negocio	2 days	Mon 9/24/12	Tue 9/25/12	
28	Task	Refinar el entendimiento de los procesos de	2 days	Mon 9/24/12	Tue 9/25/12	
29	Task	Requerimientos	4 days	Wed 9/26/12	Mon 10/1/12	27
30	Task	Definición de requerimientos funcionales y no	3 days	Wed 9/26/12	Fri 9/28/12	
31	Task	Priorización de los requerimientos	1 day	Mon 10/1/12	Mon 10/1/12	30
32	Task	Documento de requerimientos (Estándar IEEE)	0 days	Mon 10/1/12	Mon 10/1/12	31
33	Task	ANÁLISIS Y DISEÑO	12 days	Tue 10/2/12	Wed 10/17/12	29
34	Task	Diseño de componentes, módulos y servicios del	4 days	Tue 10/2/12	Fri 10/5/12	
35	Task	Definición de comunicaciones e interfaces entre	6 days	Mon 10/8/12	Mon	34
36	Task	Validación de la arquitectura candidata para	2 days	Tue 10/16/12	Wed	35
37	Task	Arquitectura candidata	0 days	Wed 10/17/12	Wed 10/17/12	36
38	Task	IMPLEMENTACIÓN	12 days	Thu 10/18/12	Fri 11/2/12	33
39	Task	Desarrollo de prototipos para probar la	12 days	Thu 10/18/12	Fri 11/2/12	
40	Task	Pruebas	7 days	Mon 11/5/12	Tue 11/13/12	38
41	Task	Definición de casos de prueba sencillos para	4 days	Mon 11/5/12	Thu 11/8/12	
42	Task	Ejecución de las pruebas	2 days	Fri 11/9/12	Mon 11/12/12	41
43	Task	Reporte de defectos	1 day	Tue 11/13/12	Tue 11/13/12	42
44	Task	GESTIÓN DE CONFIGURACIONES	1 day	Wed 11/14/12	Wed 11/14/12	40
45	Task	Creación de la línea base para el proyecto	1 day	Wed	Wed	
46	Task	GESTIÓN DEL PROYECTO	3 days	Thu 11/15/12	Mon 11/19/12	44
47	Task	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Thu 11/15/12	Thu 11/15/12	
48	Task	Estimaciones, planificación y calendarización de	2 days	Fri 11/16/12	Mon	47



ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
49	Info	Ambiente	5 days	Tue 11/20/12	Mon 11/26/12 46	
50	Info	Instalación y configuración de nuevas	3 days	Tue 11/20/12	Thu 11/22/12	
51	Info	Adquisición de herramientas y componentes de	2 days	Fri 11/23/12	Mon 11/26/12 50	
52	Info	ITERACIÓN 2.2: Mapeo de Requerimientos a Casos	13 days	Tue 11/27/12	Thu 12/13/12 26	
53	Info	Modelado de Negocio	1 day	Tue 11/27/12	Tue 11/27/12	
54	Info	Refinamiento el entendimiento de los procesos	1 day	Tue 11/27/12	Tue 11/27/12	
55	Info	Requerimientos	1 day	Wed 11/28/12	Wed 11/28/12 53	
56	Info	Refinamiento y corregir los requerimientos	1 day	Wed 11/28/12	Wed 11/28/12 53	
57	Info	Análisis y Diseño	5 days	Thu 11/29/12	Wed 12/5/12 55	
58	Info	Refinamiento de los componentes e interfaces	2 days	Thu 11/29/12	Fri 11/30/12	
59	Info	Creación y validación del modelo de casos de	3 days	Mon 12/3/12	Wed 12/5/12 58	
60	Info	Implementación	2 days	Thu 12/6/12	Fri 12/7/12 57	
61	Info	Correcciones en los prototipos de la iteración	2 days	Thu 12/6/12	Fri 12/7/12	
62	Info	Gestión de Configuraciones	1 day	Mon 12/10/12	Mon 12/10/12 60	
63	Info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Mon	Mon	
64	Info	Gestión del Proyecto	3 days	Tue 12/11/12	Thu 12/13/12 62	
65	Info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Tue 12/11/12	Tue 12/11/12	
66	Info	Estimaciones, planificación y calendarización de	2 days	Wed	Thu 12/13/12 65	
67	Info	FASE 3: CONSTRUCCIÓN	103 days	Fri 12/14/12	Tue 5/7/13 25	
68	Info	ITERACIÓN 3.1: Placa Microcontrolador (MCU) + GPS	32 days	Fri 12/14/12	Mon 1/28/13	
69	Info	Análisis y Diseño	3 days	Fri 12/14/12	Tue 12/18/12	
70	Info	Refinamiento de los componentes e interfaces	1 day	Fri 12/14/12	Fri 12/14/12	
71	Info	Descripción de los casos de uso involucrados	2 days	Mon	Tue 12/18/12 70	
72	Info	Implementación	23 days	Wed 12/19/12	Fri 1/18/13 69	

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
73	Info	Diseño esquemático y PCB	5 days	Wed 12/19/12	Tue 12/25/12	
74	Info	Armado de la placa	3 days	Wed 12/26/12	Fri 12/28/12 73	
75	Info	Codificación	15 days	Mon 12/31/12	Fri 1/18/13 74	
76	Info	Pruebas	2 days	Mon 1/21/13	Tue 1/22/13	72
77	Info	Gestión de Configuraciones	1 day	Wed 1/23/13	Wed 1/23/13 76	
78	Info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Wed 1/23/13	Wed 1/23/13	
79	Info	Gestión del Proyecto	3 days	Thu 1/24/13	Mon 1/28/13 77	
80	Info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Thu 1/24/13	Thu 1/24/13	
81	Info	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Fri 1/25/13	Mon 1/28/13 80	
82	Info	ITERACIÓN 3.2: Placa GPRS + Alimentación +	41 days	Tue 1/29/13	Tue 3/26/13 68	
83	Info	Análisis y Diseño	2 days	Tue 1/29/13	Wed 1/30/13	
84	Info	Refinamiento de los componentes e interfaces	1 day	Tue 1/29/13	Tue 1/29/13	
85	Info	Descripción de los casos de uso involucrados	1 day	Wed 1/30/13	Wed 1/30/13 84	
86	Info	Implementación	34 days	Thu 1/31/13	Tue 3/19/13 83	
87	Info	Diseño esquemático y PCB	6 days	Thu 1/31/13	Thu 2/7/13	
88	Info	Armado de la placa	13 days	Fri 2/8/13	Tue 2/26/13	87
89	Info	Codificación	15 days	Wed 2/27/13	Tue 3/19/13 88	
90	Info	Pruebas	2 days	Wed 3/20/13	Thu 3/21/13	86
91	Info	Gestión de Configuraciones	1 day	Fri 3/22/13	Fri 3/22/13 90	
92	Info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Fri 3/22/13	Fri 3/22/13	
93	Info	Gestión del Proyecto	2 days	Mon 3/25/13	Tue 3/26/13 91	
94	Info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Mon 3/25/13	Mon 3/25/13	
95	Info	Replanificación de la próxima iteración	1 day	Tue 3/26/13	Tue 3/26/13 94	
96	Info	ITERACIÓN 3.3: Base de Datos + Módulo de Captura,	16 days	Fri 12/14/12	Fri 1/4/13	



ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
97	info	Análisis y Diseño	2 days	Fri 12/14/12	Mon 12/17/12	
98	info	Definición de la estructura de la base de datos	1 day	Fri 12/14/12	Fri 12/14/12	
99	info	Descripción de los casos de uso involucrados	1 day	Mon	Mon	98
100	info	Implementación	8 days	Tue 12/18/12	Thu 12/27/12	97
101	info	Creación de la estructura de la base de datos	2 days	Tue 12/18/12	Wed	
102	info	Codificación	6 days	Thu 12/20/12	Thu 12/27/12	101
103	info	Pruebas	2 days	Fri 12/28/12	Mon 12/31/12	100
104	info	Gestión de Configuraciones	1 day	Tue 1/1/13	Tue 1/1/13	103
105	info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Tue 1/1/13	Tue 1/1/13	
106	info	Gestión del Proyecto	3 days	Wed 1/2/13	Fri 1/4/13	104
107	info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Wed 1/2/13	Wed 1/2/13	
108	info	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Thu 1/3/13	Fri 1/4/13	107
109	info	ITERACIÓN 3.4: Proveedor de contenidos + Capa de	15 days	Mon 1/7/13	Fri 1/25/13	96
110	info	Análisis y Diseño	2 days	Mon 1/7/13	Tue 1/8/13	
111	info	Refinamiento de la estructura de la base de	1 day	Mon 1/7/13	Mon 1/7/13	
112	info	Descripción de los casos de uso involucrados	1 day	Tue 1/8/13	Tue 1/8/13	111
113	info	Implementación	7 days	Wed 1/9/13	Thu 1/17/13	110
114	info	Codificación	7 days	Wed 1/9/13	Thu 1/17/13	
115	info	Pruebas	2 days	Fri 1/18/13	Mon 1/21/13	113
116	info	Gestión de Configuraciones	1 day	Tue 1/22/13	Tue 1/22/13	115
117	info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Tue 1/22/13	Tue 1/22/13	
118	info	Gestión del Proyecto	3 days	Wed 1/23/13	Fri 1/25/13	116
119	info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Wed 1/23/13	Wed 1/23/13	
120	info	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Thu 1/24/13	Fri 1/25/13	119

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
121	info	ITERACIÓN 3.5: Aplicación Web (Frontend) +	25 days	Mon 1/28/13	Fri 3/1/13	109
122	info	Análisis y Diseño	4 days	Mon 1/28/13	Thu 1/31/13	
123	info	Definición de las interfaces de usuario	2 days	Mon 1/28/13	Tue 1/29/13	
124	info	Descripción de los casos de uso involucrados	2 days	Wed 1/30/13	Thu 1/31/13	123
125	info	Implementación	15 days	Fri 2/1/13	Thu 2/21/13	122
126	info	Codificación	15 days	Fri 2/1/13	Thu 2/21/13	
127	info	Pruebas	2 days	Fri 2/22/13	Mon 2/25/13	125
128	info	Gestión de Configuraciones	1 day	Tue 2/26/13	Tue 2/26/13	127
129	info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Tue 2/26/13	Tue 2/26/13	
130	info	Gestión del Proyecto	3 days	Wed 2/27/13	Fri 3/1/13	128
131	info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Wed 2/27/13	Wed 2/27/13	
132	info	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Thu 2/28/13	Fri 3/1/13	131
133	info	ITERACIÓN 3.6: Aplicación Web (Backend)	22 days	Mon 3/4/13	Tue 4/2/13	121
134	info	Análisis y Diseño	4 days	Mon 3/4/13	Thu 3/7/13	
135	info	Definición de las interfaces de usuario	2 days	Mon 3/4/13	Tue 3/5/13	
136	info	Descripción de los casos de uso involucrados	2 days	Wed 3/6/13	Thu 3/7/13	135
137	info	Implementación	12 days	Fri 3/8/13	Mon 3/25/13	134
138	info	Codificación	12 days	Fri 3/8/13	Mon 3/25/13	
139	info	Pruebas	2 days	Tue 3/26/13	Wed 3/27/13	137
140	info	Gestión de Configuraciones	1 day	Thu 3/28/13	Thu 3/28/13	139
141	info	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Thu 3/28/13	Thu 3/28/13	
142	info	Gestión del Proyecto	3 days	Fri 3/29/13	Tue 4/2/13	140
143	info	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Fri 3/29/13	Fri 3/29/13	
144	info	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Mon 4/1/13	Tue 4/2/13	143



ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
145	IT	ITERACIÓN 3.7: Aplicación Android	25 days	Wed 4/3/13	Tue 5/7/13	133
146	IT	Análisis y Diseño	2 days	Wed 4/3/13	Thu 4/4/13	
147	IT	Definición de las interfaces de usuario	1 day	Wed 4/3/13	Wed 4/3/13	
148	IT	Descripción de los casos de uso involucrados	1 day	Thu 4/4/13	Thu 4/4/13	147
149	IT	Implementación	17 days	Fri 4/5/13	Mon 4/29/13	146
150	IT	Codificación	17 days	Fri 4/5/13	Mon 4/29/13	
151	IT	Pruebas	2 days	Tue 4/30/13	Wed 5/1/13	149
152	IT	Gestión de Configuraciones	1 day	Thu 5/2/13	Thu 5/2/13	151
153	IT	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Thu 5/2/13	Thu 5/2/13	
154	IT	Gestión del Proyecto	3 days	Fri 5/3/13	Tue 5/7/13	152
155	IT	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Fri 5/3/13	Fri 5/3/13	
156	IT	Replanificación de la próxima iteración	2 days	Mon 5/6/13	Tue 5/7/13	155
157	IT	FASE 4: TRANSICIÓN	14 days	Wed 5/8/13	Mon 5/27/13	67
158	IT	ITERACIÓN 4.1: Puesta en Producción, Capacitación	14 days	Wed 5/8/13	Mon 5/27/13	
159	IT	Implementación	6 days	Wed 5/8/13	Wed 5/15/13	
160	IT	Generación de documentación asociada	6 days	Wed 5/8/13	Wed 5/15/13	
161	IT	Despliegue	2 days	Thu 5/16/13	Fri 5/17/13	159
162	IT	Integración y puesta a punto del sistema	2 days	Thu 5/16/13	Fri 5/17/13	
163	IT	Gestión de Configuraciones	1 day	Mon 5/20/13	Mon 5/20/13	161
164	IT	Versionado de todos los prototipos y	1 day	Mon 5/20/13	Mon 5/20/13	
165	IT	Gestión del Proyecto	5 days	Tue 5/21/13	Mon 5/27/13	163
166	IT	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Tue 5/21/13	Tue 5/21/13	
167	IT	Análisis Post Mortem	4 days	Wed 5/22/13	Mon 5/27/13	166

El listado anterior corresponde a un detalle exhaustivo de las tareas planificadas, su duración estimada, su fecha de inicio y finalización, y los predecesores de cada tarea. El orden de precedencia de las actividades es importante ya que permite indicar la **conurrencia** en el desarrollo del proyecto (es decir, qué tareas se llevan a cabo en paralelo y cuales en cascada).

10.1 DIAGRAMA DE GANTT

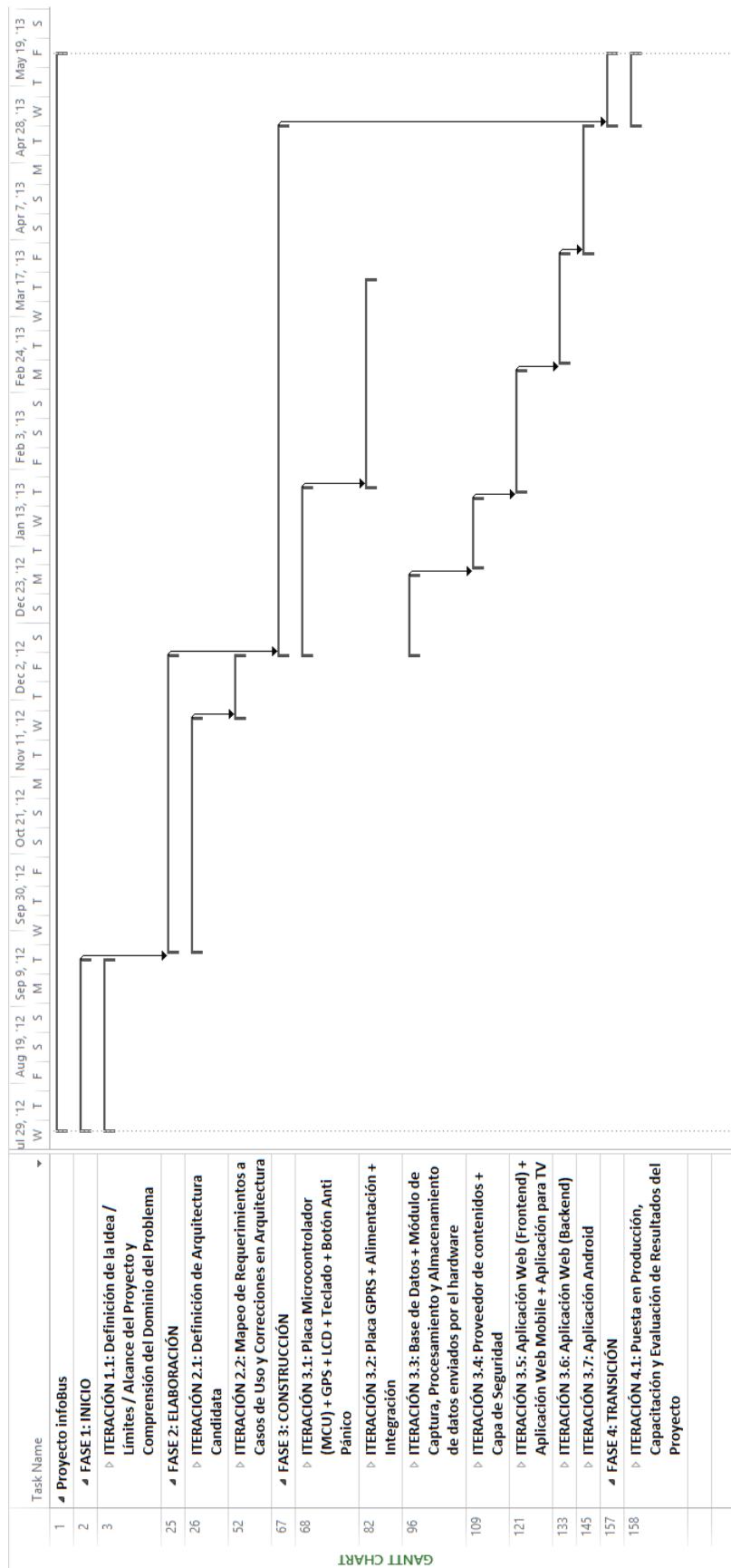
Mediante el uso de un diagrama de Gantt se puede representar la planificación y monitorear el desarrollo de las distintas actividades de un proyecto, de manera fácil y rápida.

La herramienta consiste de un **eje horizontal temporal** y un eje vertical donde se colocan las actividades a realizar durante el desarrollo del proyecto. A cada tarea se representa por una línea horizontal cuya longitud es proporcional a la duración en la escala de tiempo

De esta forma, usando esta herramienta se puede determinar el **camino crítico del proyecto**, es decir, la secuencia de actividades que determina el tiempo mínimo de realización del mismo.

De forma adicional, se puede **asignar a cada actividad una serie de recursos** (tiempo, mano de obra) para controlar los costes y la carga de trabajo del personal.

Además, si durante el seguimiento del proyecto se cargan los **porcentajes de avance** de cada **actividad**, la herramienta permite calcular retrasos y sobrecostes del proyecto, así como también replanificar las actividades para acabar lo antes posible.





10.2 LÍNEA DE TIEMPO

La siguiente línea de tiempo es una forma sencilla y resumida para representar y comprender el calendario del proyecto en su totalidad y de un solo vistazo. Esta línea de tiempo hace que las distintas fases e iteraciones sean más visibles, al mismo tiempo que pone de manifiesto la concurrencia en el desarrollo de las iteraciones de la fase de Construcción.

September	October	November	December	
Proyecto infoBus Mon 8/6/12 - Mon 5/27/13				
FASE 1: INICIO Mon 8/6/12 - Fri 9/21/12	FASE 2: ELABORACIÓN Mon 9/24/12 - Thu 12/13/12	ITERACIÓN 2.1: Definición de Arquitectura Candidata Mon 9/24/12 - Mon 11/26/12	ITERACIÓN Tue 11/27/12	>>>
ITERACIÓN 1.1: Definición de la Idea / Mon 8/6/12 - Fri 9/21/12				
January	February	March	April	May
FASE 3: CONSTRUCCIÓN Fri 12/14/12 - Tue 5/7/13				FASE 4: Wed 5/8/13 -
ITERACIÓN 3.1: Placa Fri 12/14/12 - Mon 1/28/13	ITERACIÓN 3.2: Placa GPRS + Alimentación + Tue 1/29/13 - Tue 3/26/13	ITERACIÓN 3.7: Aplicación Wed 4/3/13 - Tue 5/7/13		ITERACIÓN 4.1: Wed 5/8/13 -
ITERACIÓN 3.3: Fri 12/14/12 - Fri	ITERACIÓN Mon 1/7/13 -	ITERACIÓN 3.5: Aplicación Mon 1/28/13 - Fri 3/1/13	ITERACIÓN 3.6: Mon 3/4/13 - Tue 4/2/13	

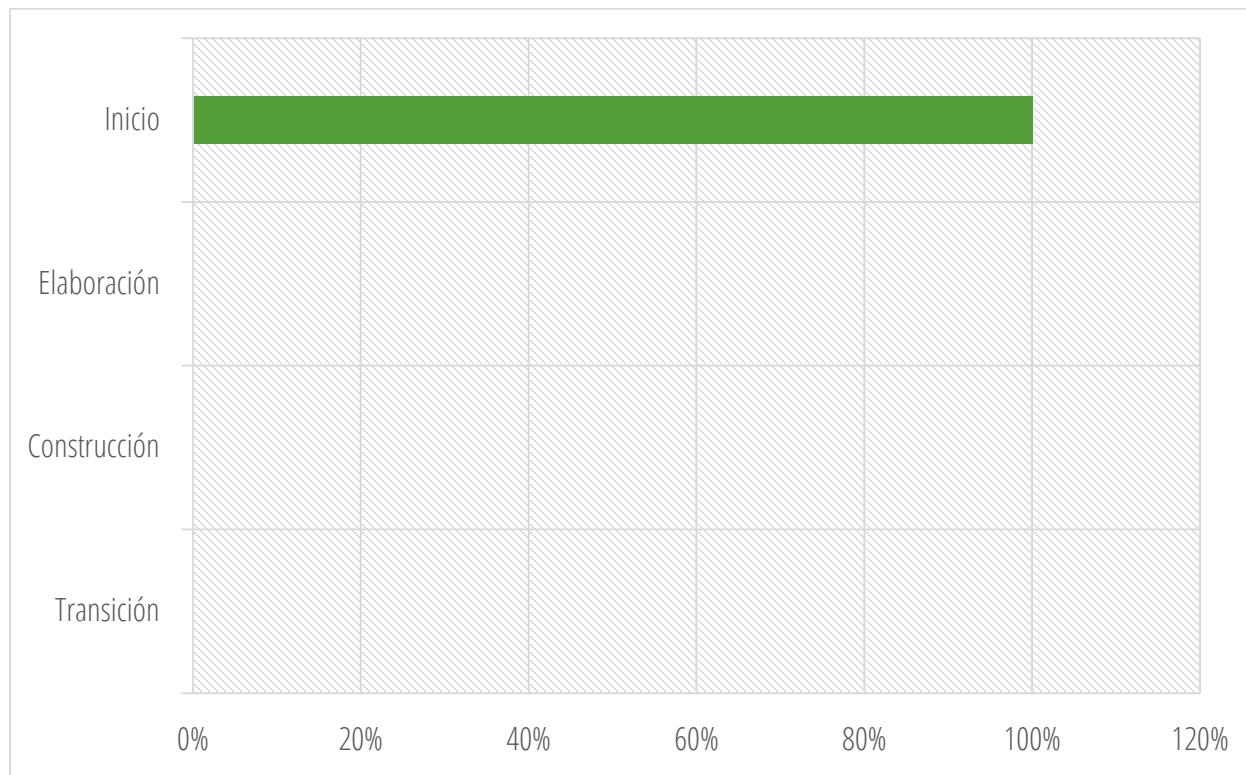
11 SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LA PLANIFICACIÓN

El siguiente "Análisis Post Mortem" refleja el estado general del proyecto al finalizar cada fase. En el mismo se detalla el programa de actividades y el grado de cumplimiento de las tareas en tiempo y forma, comparando el esfuerzo estimado y el esfuerzo real requerido para concluir cada una de las iteraciones de las cuatro fases.

Al finalizar, se incluye una conclusión general que pone de manifiesto cuáles fueron las principales causas que ocasionaron desvíos en el plan original del proyecto *infoBus*.



11.1 FASE DE INICIO



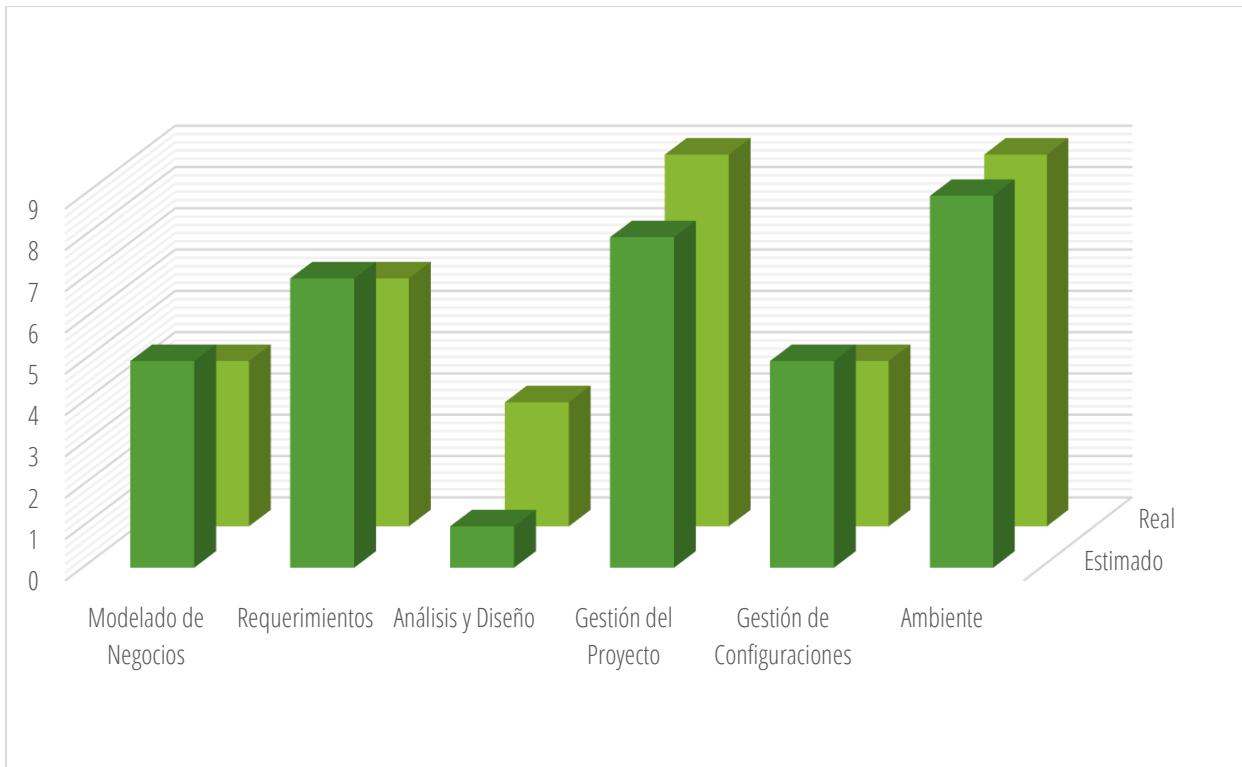
11.1.1 Planificación Original

La planificación original contemplaba un total de 35 días para la realización de la fase de Inicio. Esto representa un 16.59% del tiempo total del proyecto.

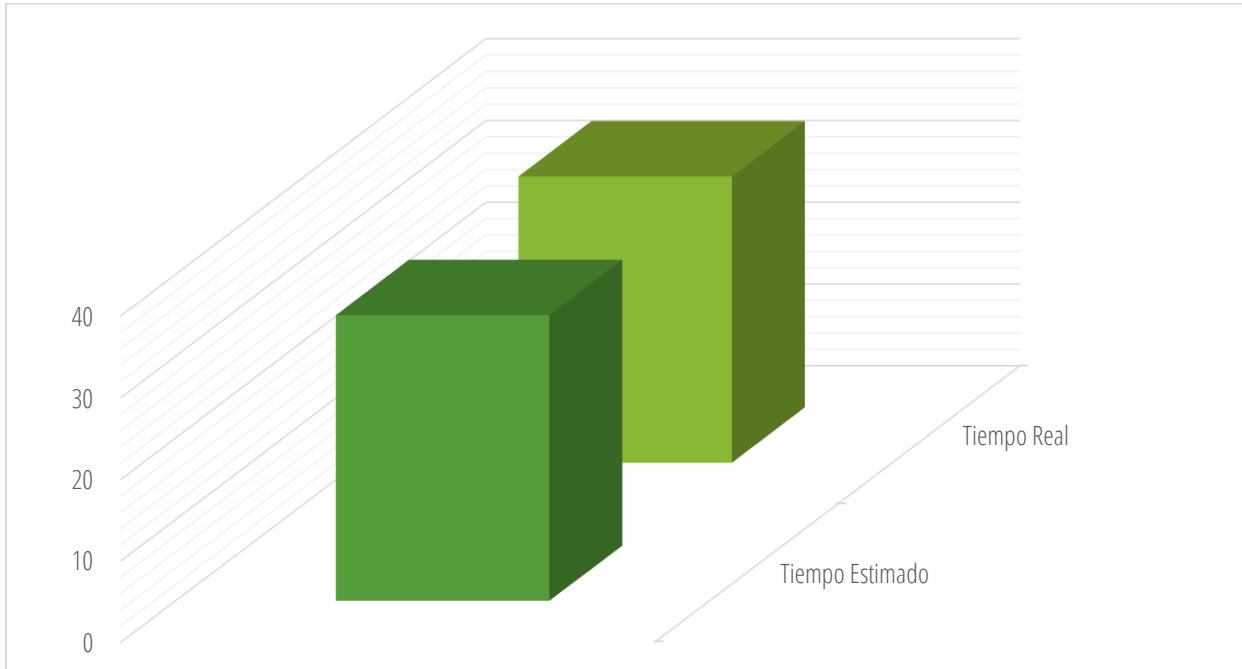
	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
1	▶	▫ Proyecto infoBus	211 days	Mon 8/6/12	Mon 5/27/13	
2	✓	▫ FASE 1: INICIO	35 days	Mon 8/6/12	Fri 9/21/12	
3	✓	▫ ITERACIÓN 1.1: Definición de la Idea / Límites / Alcance del Proyecto y Comprensión del Dominio del Problema	35 days	Mon 8/6/12	Fri 9/21/12	
4	✓	▷ Modelado de Negocio	5 days	Mon 8/6/12	Fri 8/10/12	
7	✓	▷ Requerimientos	7 days	Mon 8/13/12	Tue 8/21/12	4
11	✓	▷ Análisis y Diseño	1 day	Wed 8/22/12	Wed 8/22/12	7
13	✓	▷ Gestión del Proyecto	8 days	Thu 8/23/12	Mon 9/3/12	11
17	✓	▷ Gestión de Configuraciones	5 days	Tue 9/4/12	Mon 9/10/12	13
20	✓	▷ Ambiente	9 days	Tue 9/11/12	Fri 9/21/12	17
24	✓	Presentación de la idea del proyecto a la Cátedra	0 days	Fri 9/21/12	Fri 9/21/12	20



11.1.2 Horas Estimadas vs Horas Reales



11.1.3 Desfasaje entre el Total de Horas Estimadas y Reales

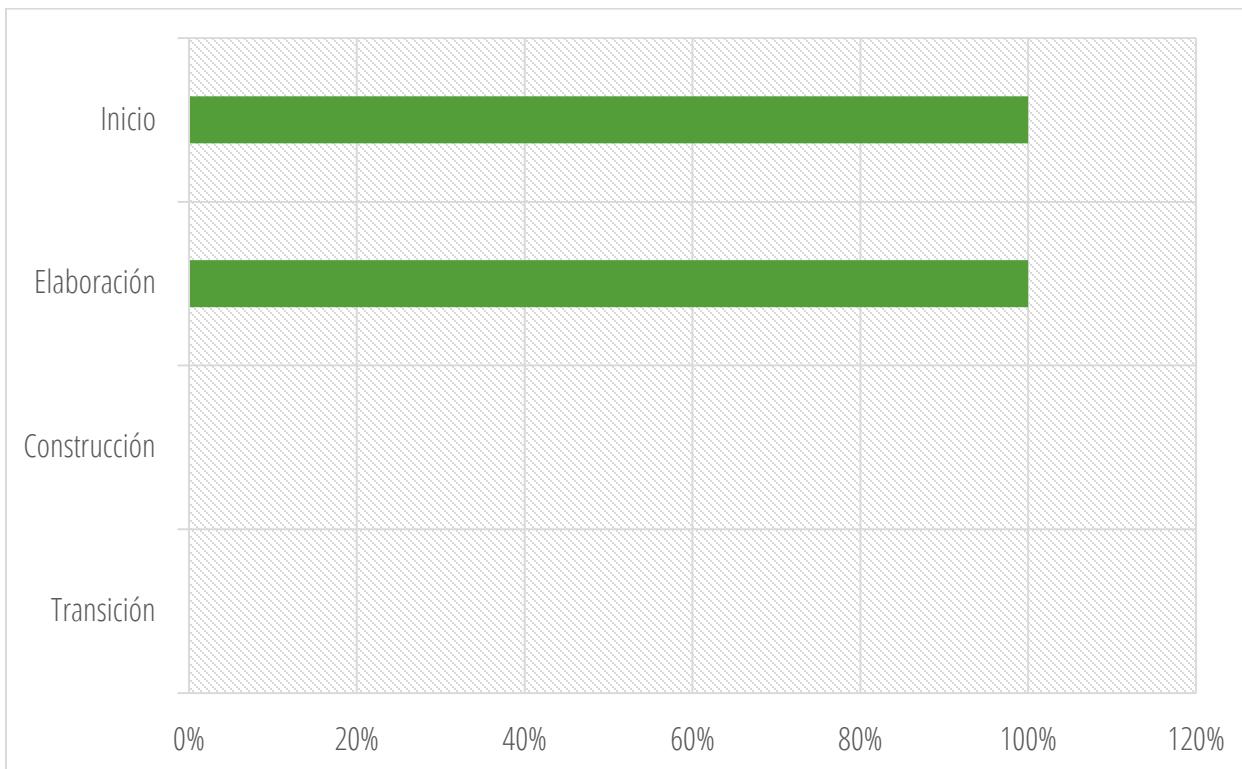




11.1.4 Conclusión Parcial

Las actividades realizadas consumieron un total de 35 días, tal como se había planificado. Al día 21/09/2013 se encuentran ejecutadas el 16,59% del total de tareas estimadas en la planificación original. Si bien hay pequeñas diferencias entre las horas planificadas y las horas reales para algunas tareas en particular, estas variaciones se compensan entre sí posibilitando que la fase de Inicio finalice en tiempo y forma.

11.2 FASE DE ELABORACIÓN



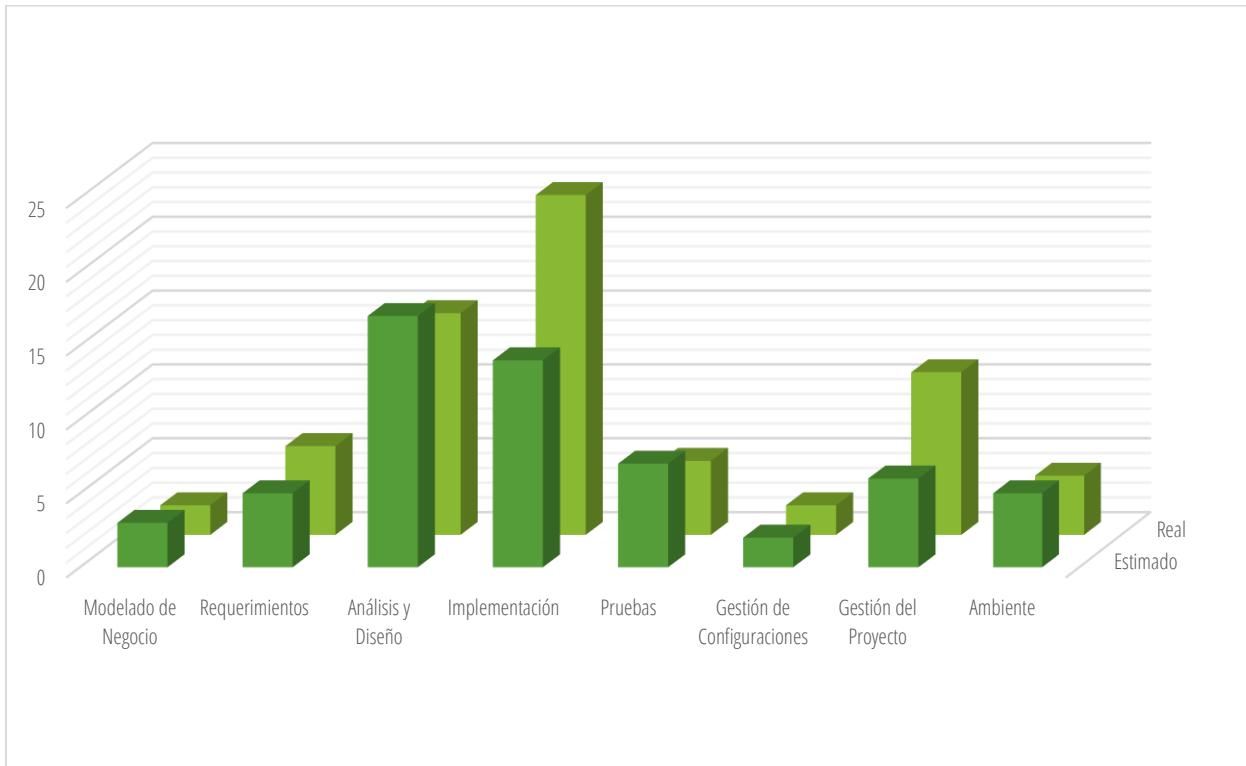
11.2.1 Planificación Original

La planificación original contemplaba un total de 59 días para la realización de la fase de Elaboración. Esto representa un 27.96% del tiempo total del proyecto. De esos 59 días, 46 estaban asignados a la primera iteración (77.97%) y 13 a la segunda (22.03%).



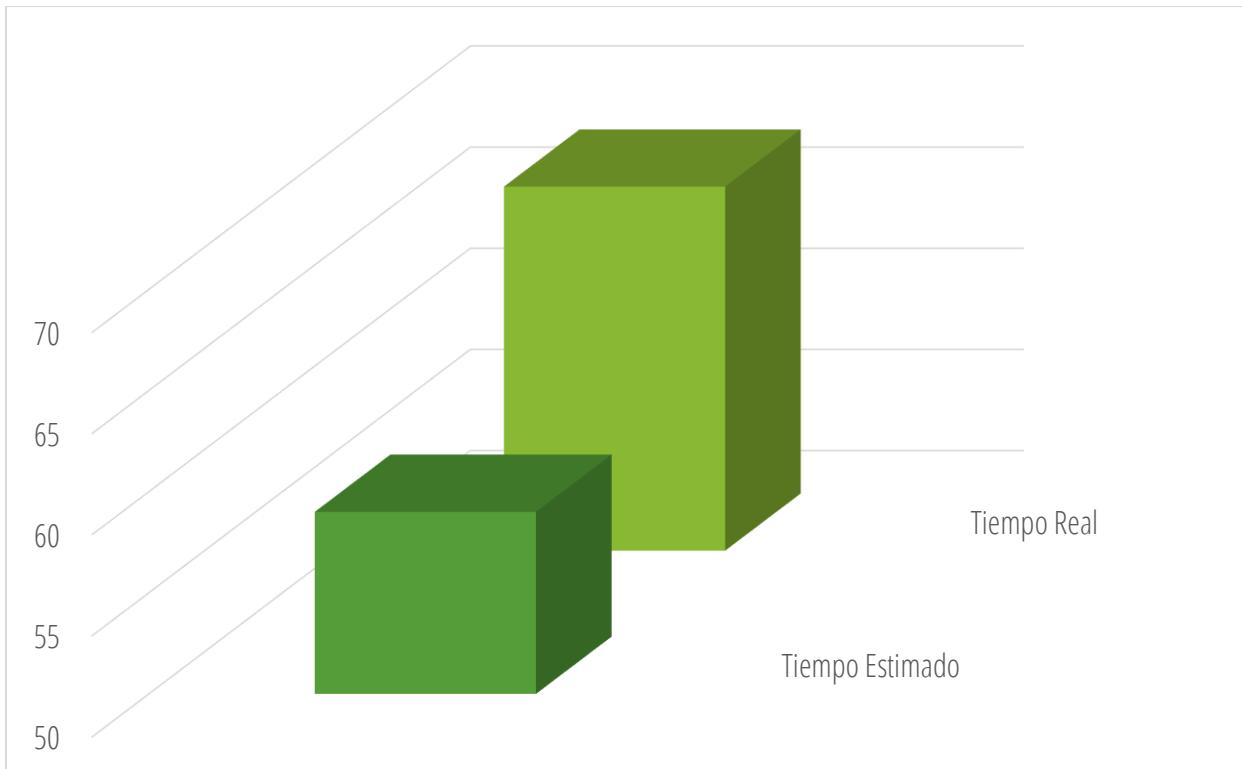
25	✓	➡	▲ FASE 2: ELABORACIÓN	59 days	Mon 9/24/12	Thu 12/13/12	2
26	✓	➡	▲ ITERACIÓN 2.1: Definición de Arquitectura Candidata	46 days	Mon 9/24/12	Mon 11/26/12	
27	✓	➡	▷ Modelado de Negocio	2 days	Mon 9/24/12	Tue 9/25/12	
29	✓	➡	▷ Requerimientos	4 days	Wed 9/26/12	Mon 10/1/12	27
33	✓	➡	▷ Análisis y Diseño	12 days	Tue 10/2/12	Wed 10/17/12	29
38	✓	➡	▷ Implementación	12 days	Thu 10/18/12	Fri 11/2/12	33
40	✓	➡	▷ Pruebas	7 days	Mon 11/5/12	Tue 11/13/12	38
44	✓	➡	▷ Gestión de Configuraciones	1 day	Wed 11/14/12	Wed 11/14/12	40
46	✓	➡	▷ Gestión del Proyecto	3 days	Thu 11/15/12	Mon 11/19/12	44
49	✓	➡	▷ Ambiente	5 days	Tue 11/20/12	Mon 11/26/12	46
52	✓	➡	▲ ITERACIÓN 2.2: Mapeo de Requerimientos a Casos de Uso y Correcciones en Arquitectura	13 days	Tue 11/27/12	Thu 12/13/12	26
53	✓	➡	▷ Modelado de Negocio	1 day	Tue 11/27/12	Tue 11/27/12	
55	✓	➡	▷ Requerimientos	1 day	Wed 11/28/12	Wed 11/28/12	53
57	✓	➡	▷ Análisis y Diseño	5 days	Thu 11/29/12	Wed 12/5/12	55
60	✓	➡	▷ Implementación	2 days	Thu 12/6/12	Fri 12/7/12	57
62	✓	➡	▷ Gestión de Configuraciones	1 day	Mon 12/10/12	Mon 12/10/12	60
64	✓	➡	▷ Gestión del Proyecto	3 days	Tue 12/11/12	Thu 12/13/12	62

11.2.2 Horas Estimadas vs Horas Reales





11.2.3 Desfasaje entre el Total de Horas Estimadas y Reales

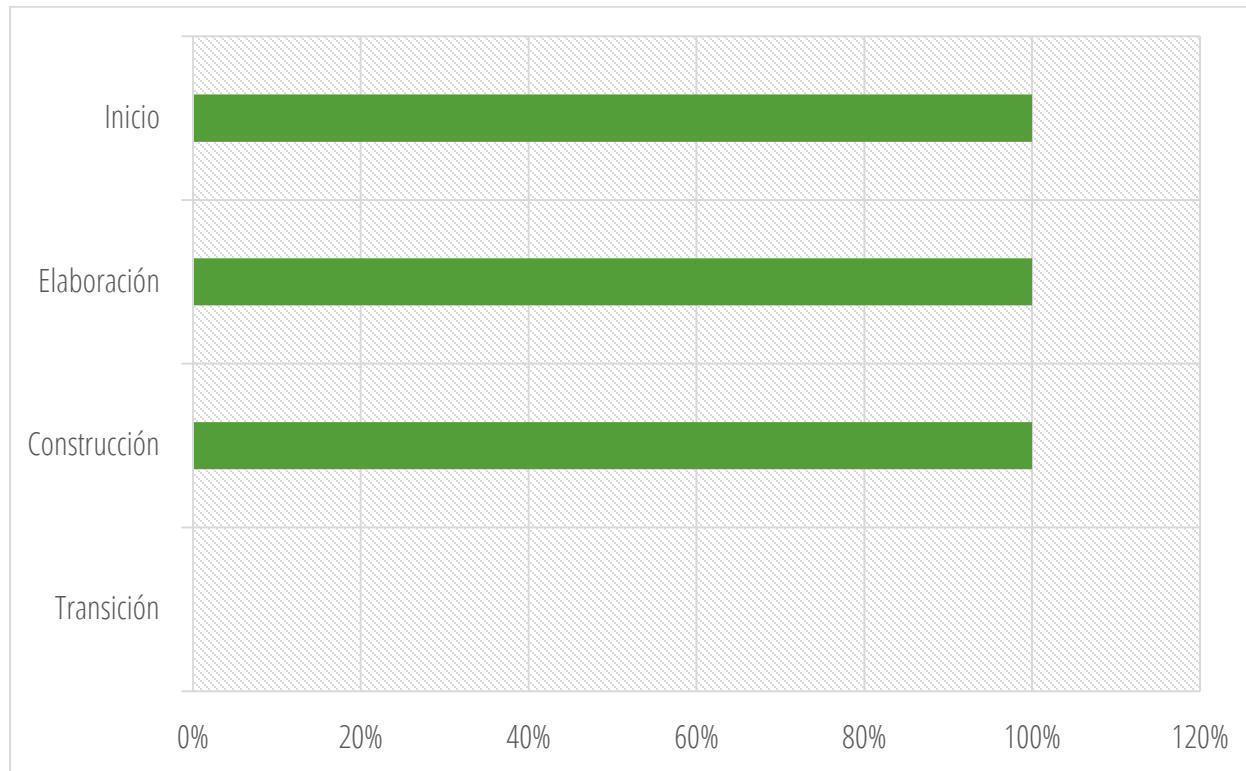


11.2.4 Conclusión Parcial

Las actividades realizadas consumieron un total de 68 días, contra los 59 días estimados en la planificación original. Esto fue debido, principalmente, a algunos inconvenientes para definir una arquitectura robusta que permita un óptimo funcionamiento del sistema. Estos inconvenientes estuvieron relacionados principalmente con el Hardware de Rastreo. Al día 26/12/2013, nueve días hábiles más tarde de lo planificado originalmente, se encuentran ejecutadas el 44.55% del total de tareas estimadas en el plan de proyecto.



11.3 FASE DE CONSTRUCCIÓN



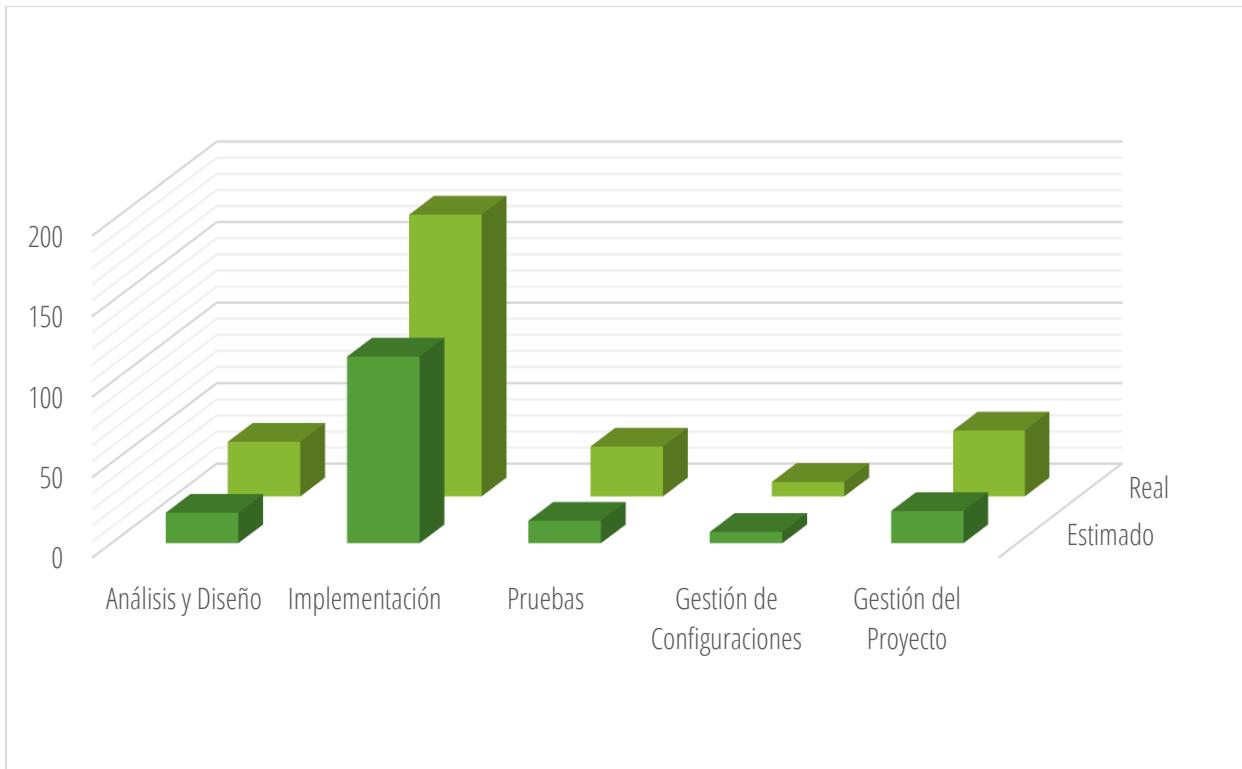
11.3.1 Planificación Original

La planificación original contemplaba un total de 103 días para la realización de la fase de Construcción, divididos a lo largo de siete iteraciones de las cuales dos se ejecutaban en paralelo. Esto representa un 48.82% del tiempo total del proyecto.

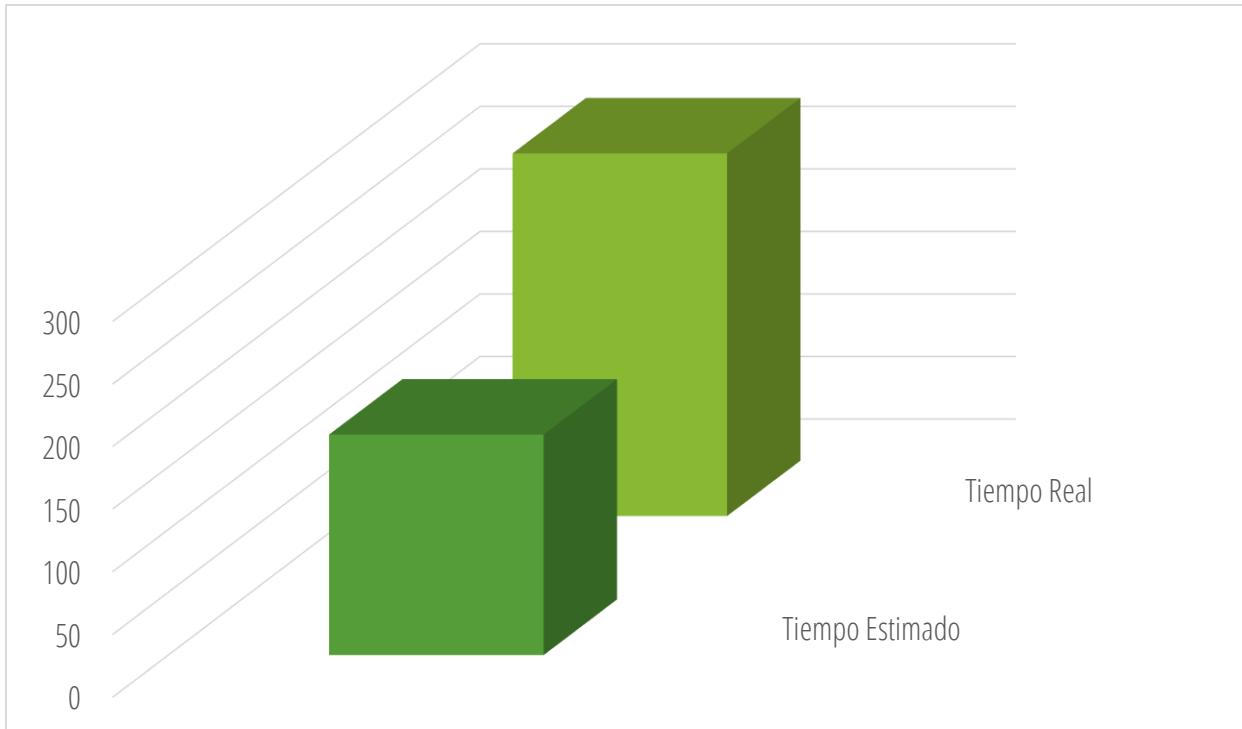
	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
67	✓	► FASE 3: CONSTRUCCIÓN	103 days	Fri 12/14/12	Tue 5/7/13	25
68	✓	► ITERACIÓN 3.1: Placa Microcontrolador (MCU) + GPS + LCD + Teclado + Botón Anti Pánico	32 days	Fri 12/14/12	Mon 1/28/13	
82	✓	► ITERACIÓN 3.2: Placa GPRS + Alimentación + Integración	41 days	Tue 1/29/13	Tue 3/26/13	68
96	✓	► ITERACIÓN 3.3: Base de Datos + Módulo de Captura, Procesamiento y Almacenamiento de datos enviados por el hardware	16 days	Fri 12/14/12	Fri 1/4/13	
109	✓	► ITERACIÓN 3.4: Proveedor de contenidos + Capa de Seguridad	15 days	Mon 1/7/13	Fri 1/25/13	96
121	✓	► ITERACIÓN 3.5: Aplicación Web (Frontend) + Aplicación Web Mobile + Aplicación para TV	25 days	Mon 1/28/13	Fri 3/1/13	109
133	✓	► ITERACIÓN 3.6: Aplicación Web (Backend)	22 days	Mon 3/4/13	Tue 4/2/13	121
145	✓	► ITERACIÓN 3.7: Aplicación Android	25 days	Wed 4/3/13	Tue 5/7/13	133



11.3.2 Horas Estimadas vs Horas Reales



11.3.3 Desfasaje entre el Total de Horas Estimadas y Reales

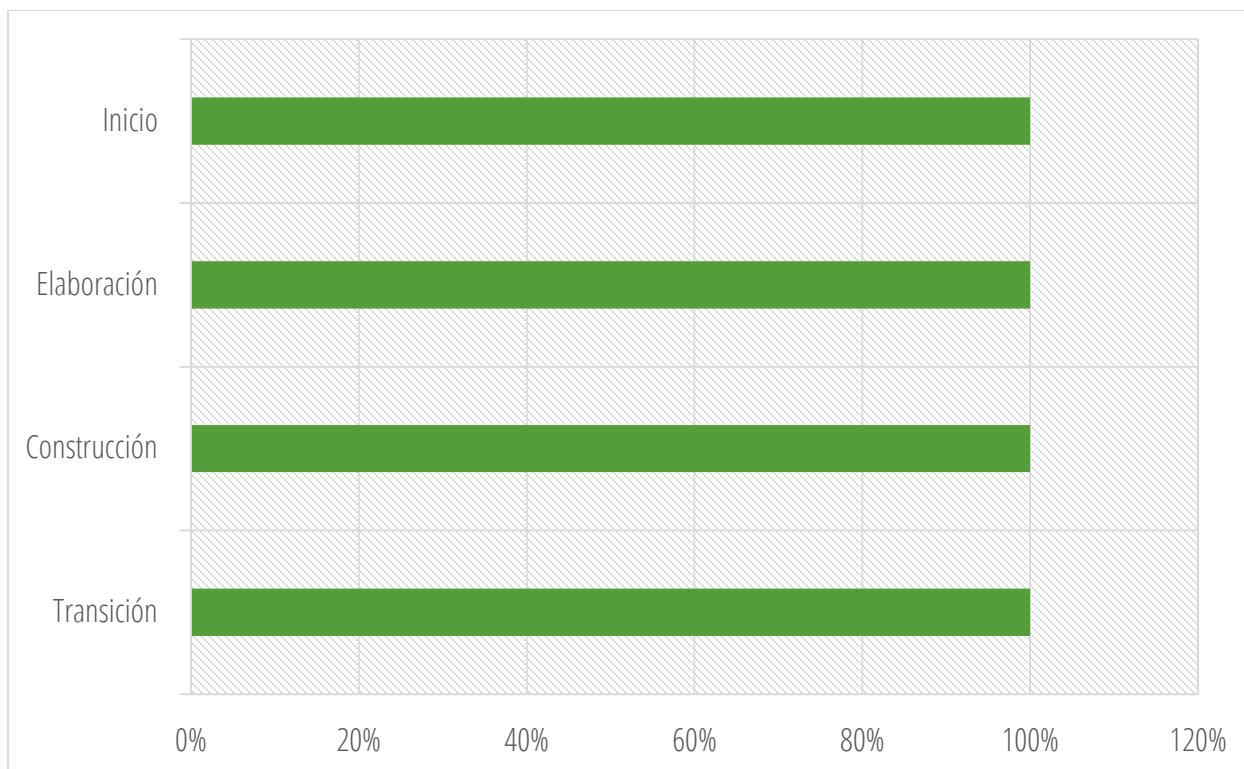




11.3.4 Conclusión Parcial

Las actividades realizadas consumieron un total de 290 días, contra los 176 días estimados en la planificación original. Esto fue debido, principalmente, a problemas con el hardware y al desconocimiento de cuestiones de Electrónica. Tres veces se quemaron componentes electrónicos, con lo que debieron volver a pedirse. Al ser importados, estos componentes tenían una demora de entre 15 días y un mes. Al día 13/09/2013, se encuentran ejecutadas el 93.36% del total de tareas estimadas en el plan de proyecto.

11.4 FASE DE TRANSICIÓN



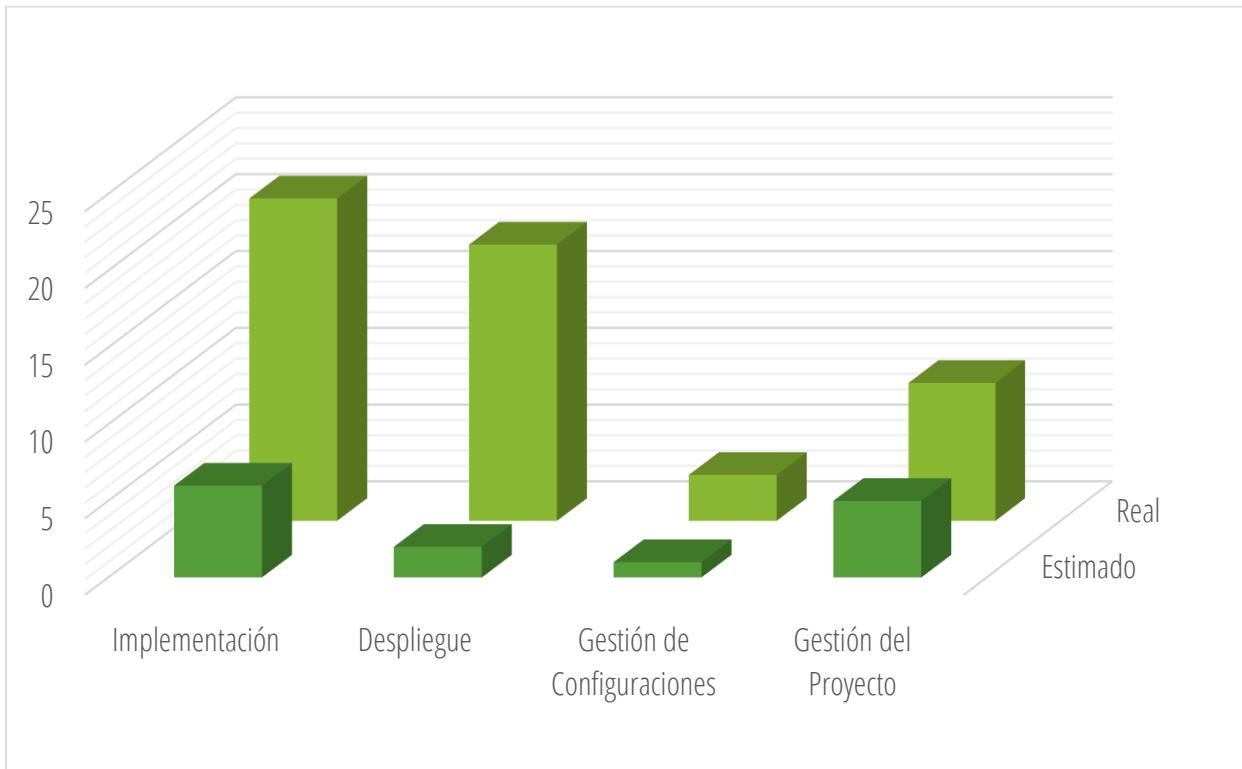


11.4.1 Planificación Original

La planificación original contemplaba un total de 14 días para la realización de la fase de Transición. Esto representa un 6.64% del tiempo total del proyecto.

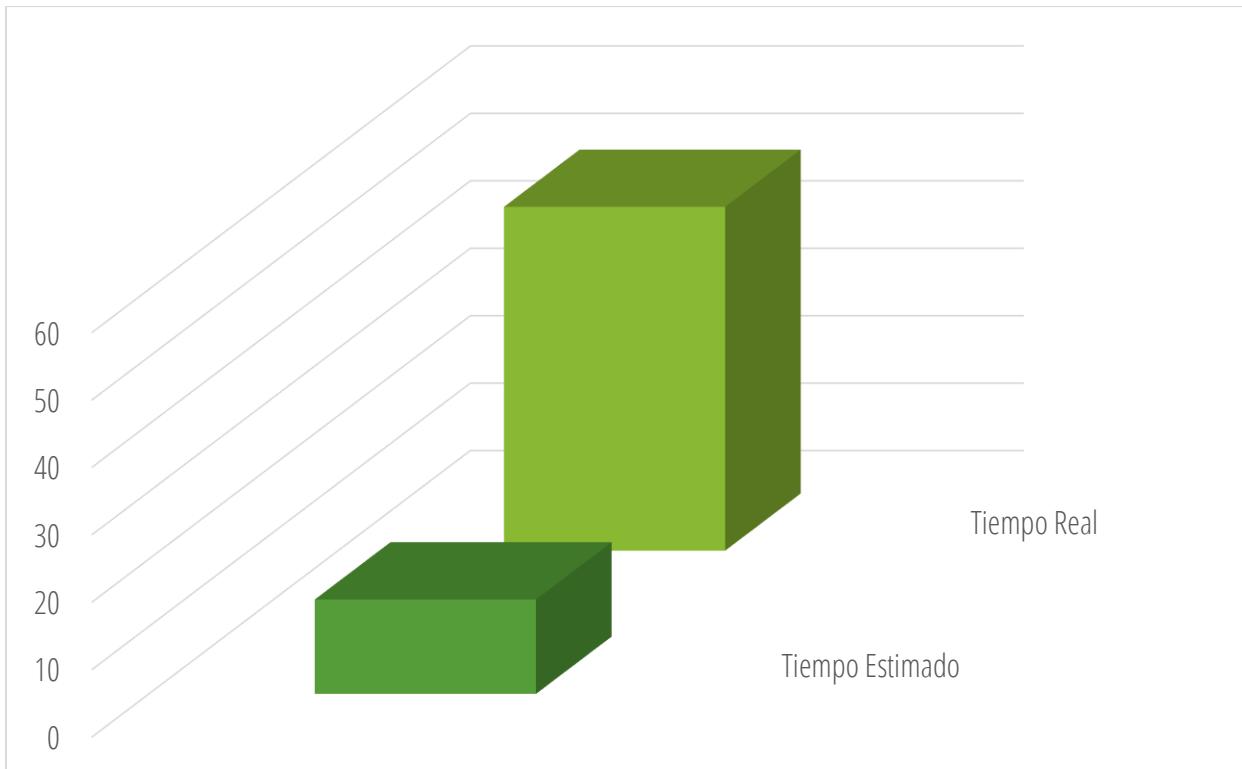
	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors
157	✓	▫ FASE 4: TRANSICIÓN	14 days	Wed 5/8/13	Mon 5/27/13	67
158	✓	▫ ITERACIÓN 4.1: Puesta en Producción, Capacitación y Evaluación de Resultados del Proyecto	14 days	Wed 5/8/13	Mon 5/27/13	
159	✓	▫ Implementación	6 days	Wed 5/8/13	Wed 5/15/13	
160	✓	Generación de documentación asociada (manuales de usuario y de	6 days	Wed 5/8/13	Wed 5/15/13	
161	✓	▫ Despliegue	2 days	Thu 5/16/13	Fri 5/17/13	159
162	✓	Integración y puesta a punto del sistema	2 days	Thu 5/16/13	Fri 5/17/13	
163	✓	▫ Gestión de Configuraciones	1 day	Mon 5/20/13	Mon 5/20/13	161
164	✓	Versionado de todos los prototipos y documentos generados	1 day	Mon 5/20/13	Mon 5/20/13	
165	✓	▫ Gestión del Proyecto	5 days	Tue 5/21/13	Mon 5/27/13	163
166	✓	Actualización de la gestión de riesgos	1 day	Tue 5/21/13	Tue 5/21/13	
167	✓	Análisis Post Mortem	4 days	Wed 5/22/13	Mon 5/27/13	166

11.4.2 Horas Estimadas vs Horas Reales





11.4.3 Desfasaje entre el Total de Horas Estimadas y Reales



11.4.4 Conclusión Parcial

Las actividades realizadas consumieron un total de 51 días, contra los 14 días estimados en la planificación original. Esto fue debido, principalmente, a inconvenientes a la hora de realizar la integración y puesta a punto del equipo electrónico, así como también cuestiones relacionadas con el documento final del proyecto. Al día 25/11/2013, se encuentran ejecutadas el 100% del total de tareas planificadas.

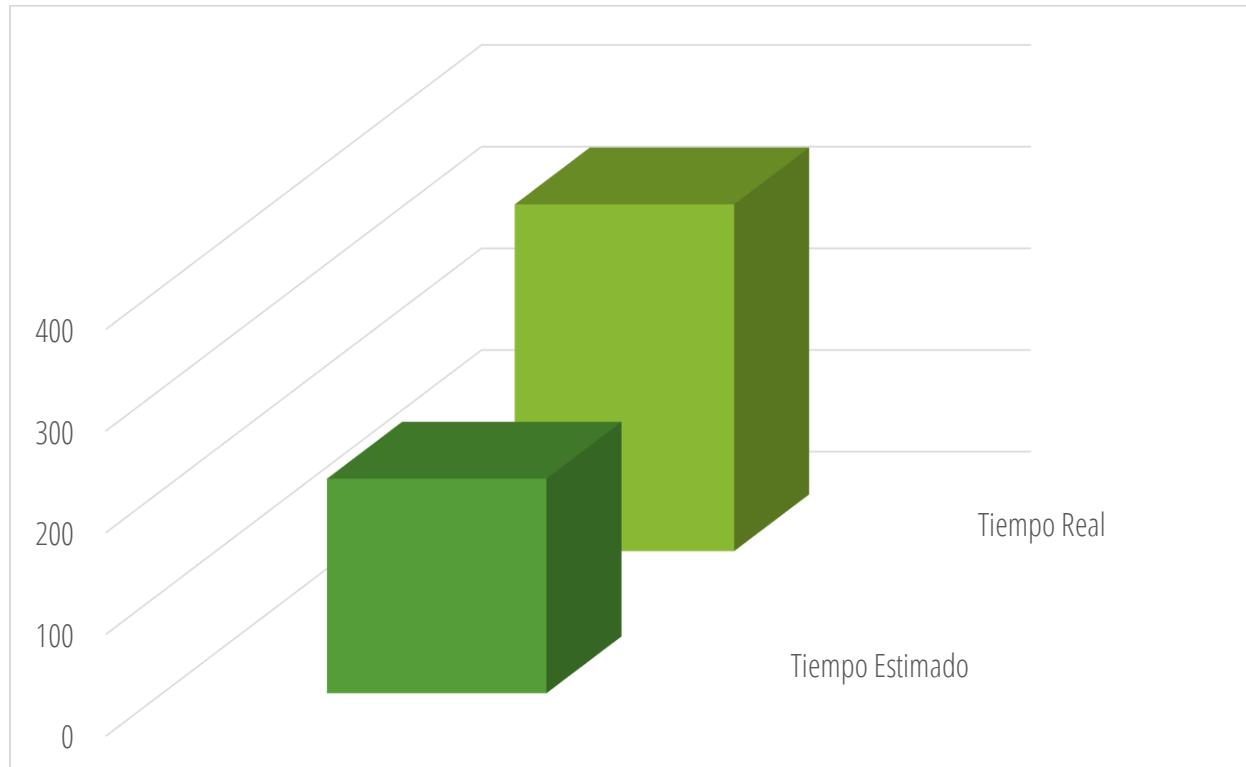
11.5 CONCLUSIÓN FINAL

El desarrollo del proyecto *infoBus* demandó un total de 130 días de trabajo extra no estimado en la planificación original, lo que representa un 61.61% respecto a la cantidad de horas planificadas.

Respecto a las actividades que se desarrollaron en cada una de las iteraciones, se puede observar que **el mayor desfasaje ocurrió en las actividades de Implementación y Gestión del Proyecto**. En el resto de los workflows o disciplinas (Modelado, Análisis y Diseño, Pruebas, Despliegue, Gestión de Configuraciones y Ambiente) se observan mínimas desviaciones.



El siguiente gráfico ilustra la diferencia entre esfuerzo estimado y real:



Estas demoras que presentó el proyecto se debieron, en mayor medida, a cuestiones relacionadas con el desarrollo del hardware de rastreo. Este involucraba muchas actividades de electrónica digital con las que el equipo del proyecto no estaba familiarizado, por lo que ciertamente el desarrollo del sistema representó un gran desafío.

En reiteradas oportunidades durante el desarrollo del hardware de rastreo, distintos componentes electrónicos (módulo GPS, módulo GSM/GPRS, microcontrolador, dispositivos varios) se averiaron y dejaron de funcionar. Ante la imposibilidad de conseguir reemplazos para estos módulos de forma inmediata (ya que la mayoría de los componentes son importados) el proyecto se vio demorado en varias ocasiones hasta la llegada del nuevo material.

Por último, tareas relacionadas con la confección del documento final demandaron más tiempo del planificado originalmente. Esto impactó, principalmente, en la realización de la última fase del proyecto (Transición).



Capítulo 3

Estudio de Factibilidad

12 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Un estudio de factibilidad tiene por objetivo investigar el conjunto de factores que afectan a un proyecto, ya sean técnicos, operativos, financieros, legales u otros propios del contexto en el que éste se desarrolla.

En este capítulo se tratarán todos aquellos aspectos claves que determinarán viabilidad de realización y concreción del sistema *infoBus*, haciendo hincapié en la disponibilidad de los recursos – de toda índole – necesarios para llevarlo a cabo.

12.1 FACTIBILIDAD TÉCNICA

En el estudio de factibilidad técnica se evalúan cuestiones como las siguientes: *¿Se dispone de la tecnología, de los equipos y herramientas necesarias para llevar a cabo el proyecto? De no ser así,*



¿Existe la posibilidad de generarlos o crearlos en el tiempo requerido por el proyecto? ¿Se dispone de los conocimientos y habilidades requeridas para el desarrollo e implementación del proyecto?

A continuación se analizarán los aspectos técnicos más importantes a tener en cuenta:

12.1.1 Disponibilidad en el mercado local de los componentes electrónicos requeridos

En un contexto en el que las importaciones (particularmente las relacionadas con la electrónica) están intervenidas y reguladas, no resulta un detalle menor preguntarse si los módulos GPS, GRPS y el microcontrolador son susceptibles a ser conseguidos en el mercado local. Luego de haberse puesto en contacto con diferentes proveedores de componentes electrónicos de Córdoba y Buenos Aires, éstos confirmaron que tienen los módulos necesarios disponibles en stock.

12.1.2 GPS de precisión suficiente

Actualmente, existen en el mercado módulos GPS de diferente precisión: algunos trabajan con un error máximo de $\pm 3m$ y otros con precisión centimétrica. Para el sistema *infoBus* la precisión no es un problema. No hace falta disponer de un GPS de precisión del orden de los centímetros, es suficiente con uno cuyo error máximo no supere el largo de un colectivo.

12.1.3 Buena conectividad y servicio 3G ininterrumpido

Varias compañías de telefonía celular en Argentina ofrecen planes de Internet a \$1 por día. Estos planes se adaptan a los requerimientos de transmisión de datos del proyecto, por lo que sería factible contratar este servicio. Cualquier operador de telefonía celular tiene cobertura prácticamente en todo el país, por lo que se puede asegurar una buena conectividad.

12.1.4 Resultados en tiempo real

Siempre y cuando no haya congestionamientos en la red de telefonía y el módulo GPS calcule la posición del vehículo en un tiempo razonable (aproximadamente 10 segundos), se puede asegurar que la posición de los colectivos va a mantenerse actualizada en tiempo real.

12.1.5 Trazado de ciudades en servicios online de mapas

Debe elegirse algún servicio que tenga disponible los planos de aquellas ciudades donde sea factible implementar el sistema de monitoreo. Las alternativas más populares hoy en Internet son: **Google Maps** (Google), **Ovi Maps** (Nokia), **Open Street Maps** (OpenSource) y **Bing maps** (Microsoft).



12.1.6 Manejo de múltiples consultas a la base de datos en forma concurrente

Se necesita un motor de base de datos que pueda manejar un gran volumen de información en tiempo real. Con este punto no hay mayores inconvenientes, ya que cualquier motor de base de datos actual soporta concurrencia en sus operaciones.

Alternativas interesantes para este proyecto en cuanto a motor de base de datos son PostgreSQL y MySQL. Ambos se caracterizan por ser sistemas estables, OpenSource, de alto rendimiento y gran flexibilidad, ya que funcionan tanto en entornos Unix como Windows.

12.1.7 Alimentación del equipo de hardware desde el vehículo

Tanto el módulo GPS, el módulo GPRS como el microcontrolador pueden alimentarse de la batería del colectivo. En general, estos vehículos tienen una salida de 12 V y 10 A, que es más que suficiente para otorgarle autonomía al equipo de hardware.

12.1.8 Conocimientos para diseñar y construir las placas

Si bien el equipo del proyecto cuenta con algunos conocimientos de Electrónica, resulta prudente consultar sobre la factibilidad técnica del proyecto y pedir asesoramiento a algún Ingeniero Electrónico. Luego de haber hablado con un docente de la Facultad se pudo confirmar factibilidad del proyecto, quedando éste a nuestra disposición por cualquier consulta relacionada con el hardware a ser construido.

Conclusión: Toda la tecnología necesaria para llevar a cabo el proyecto existe y puede conseguirse. Además, y aunque represente un desafío para el equipo de trabajo y se necesite capacitación extra, trabajar en este dominio de problema y con estos dispositivos seguramente resultará motivante. El proyecto no tendría ninguna limitación tecnológica, por lo que se puede concluir que es factible llevarlo a cabo.

12.2 FACTIBILIDAD ECONÓMICA

En este estudio se analiza si se dispone del capital en efectivo o de los créditos de financiamiento necesarios para invertir en el desarrollo del proyecto, y si el proyecto es rentable en función de su relación costo-beneficio (es decir, los beneficios a obtener son superiores a los costos en que incurrirá al desarrollar e implementar el proyecto).

Los costos para la realización de un único prototipo ya fueron planteados en el capítulo anterior y no son elevados. Además, y teniendo en cuenta que los integrantes del equipo de desarrollo ya disponen de muchas de las herramientas necesarias para llevar adelante el proyecto (computadoras, conexión a Internet, algunos componentes electrónicos, soldadoras de estaño,



perforadoras, etc.) resulta evidente que el proyecto no presenta limitaciones económicas, al menos para la realización de una prueba piloto con un único equipo de hardware.

Por otro lado, y debido a que no se cuenta con un cliente en particular, no se realizará ningún análisis relacionado con el retorno de la inversión (ROI) y con la relación costo-beneficio del sistema. Cualquier entidad interesada en implementar este proyecto en un futuro deberá, sin lugar a dudas, llevar a cabo un minucioso un estudio de este tipo.

Conclusión: Se dispone tanto de los componentes electrónicos como de los equipos y servicios necesarios para implementar una prueba piloto de este sistema. El proyecto no tendría ninguna limitación económica, al menos para realizar un primer prototipo, por lo que se puede concluir que es factible llevarlo a cabo desde el punto de vista económico.

12.3 FACTIBILIDAD OPERATIVA

Este estudio permite determinar si se podrá poner en marcha el sistema propuesto desde un punto de vista netamente operativo, es decir, tanto del usuario final como de la empresa o Municipio encargado de brindar el servicio de transporte público de pasajeros.

En el caso del usuario final, todas las aplicaciones de tipo Frontend (App Web, App Web Mobile, App Android, App TV) tendrán su instructivo de uso o manual de usuario en formato video, con indicaciones paso a paso para utilizar el sistema. De todas maneras, las interfaces con el usuario se construirán de forma tal que resulten lo más sencillas e intuitivas posibles.

Con respecto al cliente (Municipio o empresa prestataria del servicio de transporte urbano) la capacitación la realizará el equipo de desarrollo personalmente y durante la fase de Transición, indicando todos los detalles a tener en cuenta para el correcto funcionamiento y mantenimiento del sistema. También se entregará un manual de usuario para administradores del sistema, pero esta vez en formato "documento", no video.

Conclusión: Desde el punto de vista operativo, y en función de lo expuesto, resulta evidente que no deberían de existir dificultades relacionadas con el uso del sistema. El proyecto, por lo tanto, resulta viable de ser llevado a cabo en lo que respecta al plano operativo.

12.4 FACTIBILIDAD SOCIAL Y CULTURAL

En este punto se evalúa el contexto social y cultural en el cual el sistema se implementaría.



Hoy en día, gran parte de la población de San Francisco y la región cuenta con Smartphones y acceso a un plan de datos. En general, los dispositivos con sistema operativo Android son los más populares en la ciudad, por lo que se desarrollará una aplicación específica para estos usuarios en particular. Por otro lado, y teniendo en cuenta que el sistema también puede consultarse por Internet desde cualquier PC, y que además la información se mostrará en un monitor en algunas de las paradas, se puede garantizar un muy alto porcentaje de acceso al sistema.

Conclusión: Si bien un estudio de este tipo debería llevarse a cabo particularmente en la ciudad en la que se vaya a implementar este sistema, se puede afirmar que al menos en San Francisco un sistema de este tipo resultaría útil y popular entre los usuarios del servicio de transporte urbano.



Proyecto Factible

Los resultados arrojados por los cuatro estudios de factibilidad indican que el proyecto infoBus es viable de ser llevado a cabo.



Capítulo 4

Gestión de Riesgos

13 PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS

Un riesgo es una variable del proyecto que pone en peligro o impide el éxito del mismo. Es la probabilidad de que el proyecto experimente sucesos no deseables, como retrasos en las fechas, excesos de costos o incluso la cancelación directa.

Se han producido amplios debates sobre la definición adecuada para riesgo de software, y hay acuerdo común en que el riesgo siempre implica dos características:

- **Incertidumbre:** El acontecimiento que caracteriza al riesgo puede o no ocurrir. No existen riesgos con un 100% de probabilidad de ocurrencia, ya que un riesgo de estas características sería una limitación del proyecto.
- **Pérdida:** Si el riesgo se convierte en realidad, ocurrirán consecuencias no deseadas.

La gestión de riesgos es un proceso continuo, orientado a evaluar el futuro, y es una parte importante de la gestión del proyecto. El propósito del presente plan es identificar los riesgos que se puedan presentar en el desarrollo del proyecto, analizarlos, ponderarlos, calcular su nivel de exposición y, en base a ello, priorizarlos para establecer así estrategias de control y resolución que permitan ejercer una correcta supervisión de los mismos.



13.1 IDENTIFICACIÓN, ANÁLISIS Y PONDERACIÓN DE RIESGOS

La identificación del riesgo es un intento sistemático para especificar las amenazas al plan de proyecto. Identificando y prediciendo los riesgos, quien realiza la gestión del proyecto da un paso adelante para evitarlos cuando sea posible y controlarlos cuando sea necesario.

#	DESCRIPCIÓN	PROBABILIDAD	IMPACTO	
R01	Planificación demasiado optimista	Alta	Alto	
R02	La planificación no incluye tareas necesarias	Media	Alto	
R03	Cambios en los requerimientos	Baja	Medio	
R04	El producto termina siendo más grande de lo estimado	Media	Bajo	
R05	Los componentes desarrollados por separado no se pueden integrar de forma sencilla	Media	Alto	
R06	Desconocimiento de la tecnologías a utilizar	Media	Alto	
R07	El consultor especialista en Electrónica no está disponible para colaborar si se lo necesita	Baja	Alto	
R08	Fallas / Roturas en componentes de Hardware	Alta	Alto	
R09	Retraso de los proveedores en la entrega de componentes electrónicos (importados) para el armado del Hardware	Alta	Alto	
R10	Modelado inadecuado o insuficiente	Media	Bajo	
R11	Surgimiento de nuevas ofertas laborales a los integrantes del equipo que son aceptadas	Alta	Alto	
R12	Pérdida de artefactos del proyecto	Baja	Alta	
R13	Imposibilidad para trabajar de alguno de los miembros del equipo	Media	Alta	



13.2 PREVENCIÓN Y PLANES DE CONTINGENCIA

El control de los riesgos para el presente proyecto se realizará a nivel de prevención y eliminación de las causas principales de los mismos. Eso implica la creación y puesta en marcha de un plan para, luego de haberlos identificado, tratar de eliminar los factores que puedan causar su aparición. Sin embargo, es necesario ser conscientes de que, a pesar de tomar estas medidas, los riesgos pueden surgir de igual manera; para lo cual se planteará un plan de contingencia para aquellos que sean críticos o de mayor relevancia para el proyecto.

PLANIFICACIÓN DEMASIADO OPTIMISTA	
CÓDIGO	R01
DESCRIPCIÓN	A la hora de planificar, se subestiman los tiempos estimados en el desarrollo de los productos de software / hardware.
IMPACTO	Una estimación de costos basada en una planificación demasiado optimista arrojará un presupuesto erróneo, donde los recursos seguramente no alcanzarán para finalizar el proyecto. No se cumplirá con los plazos de entrega y, muy probablemente, esto tenga impacto en la calidad del producto final.
INDICADORES	No se alcanzan los hitos establecidos en la planificación en tiempo y forma. El equipo trabaja más horas de las programadas inicialmente.
PLAN DE PREVENCIÓN	A cada estimación que se realice se le agregará una "franja de seguridad" del 15% del tiempo asignado, de forma que se tenga un margen de error en caso que algo no salga como se había planificado.
PLAN DE CONTINGENCIA	Se redistribuirán las tareas, ya sea valiéndose del margen de seguridad o trabajando tiempo extra . Si esto no es suficiente, se negociará con los stakeholders para extender el tiempo de desarrollo del proyecto o bien para eliminar características no imprescindibles en una primera entrega .

LA PLANIFICACIÓN NO INCLUYE TAREAS NECESARIAS	
CÓDIGO	R02
DESCRIPCIÓN	A medida que avanza el proyecto surgen nuevas tareas que no estaban planificadas desde un principio e insumen recursos.
INDICADORES	Constantemente se está revisando la planificación y agregando nuevas tareas que no estaban consideradas en el plan original.
PLAN DE PREVENCIÓN	La "franja de seguridad" detallada en el apartado anterior servirá, también, como prevención de este riesgo. Al tener más tiempo del necesario, se podrá cubrir la realización de las tareas que no fueron planificadas. En todo momento se llevará un control de lo planificado y el tiempo requerido, por lo que el plan estará adaptándose y adecuándose constantemente.



PLAN DE CONTINGENCIA

Si las tareas que fueron pasadas por alto son críticas para el avance del proyecto, entonces se planteará su inclusión en la planificación de la manera que resulte más apropiado. En el caso que el tiempo correspondiente al margen de seguridad no sea suficiente, se suspenderán temporalmente algunas tareas secundarias que no sean críticas para la finalización del sistema.

CAMBIOS EN LOS REQUERIMIENTOS

CÓDIGO	R03
DESCRIPCIÓN	A medida que se va avanzando en el desarrollo del proyecto y analizando alternativas al mismo, puede que los <i>stakeholders</i> consideren interesante o necesario agregar nuevas características al producto (que pueden mapearse tanto en requerimientos funcionales como en no funcionales). Puede ocurrir, incluso, que el equipo de desarrollo redefina la idea del proyecto sobre la marcha, agregando nuevas funcionalidades y/o quitando otras.
INDICADORES	Ninguno.
PLAN DE PREVENCIÓN	La naturaleza iterativa incremental del ciclo de vida seleccionado para el proyecto permitirá minimizar el impacto de cambios en los requerimientos, evitando que éstos se descontrolen y hagan fracasar el proyecto.
PLAN DE CONTINGENCIA	Se analizará la factibilidad del cambio y se evaluará su incorporación. Si se resuelve que es crítico incorporarlo al proyecto, se lo planteará en una iteración posterior con la consecuente actualización de la planificación. Si esto tuviera una implicancia temporal demasiado grande, se analizará entonces la posibilidad de eliminar algunas características no críticas del proyecto para dedicar el tiempo asignado a estas últimas al nuevo requerimiento.

EL PRODUCTO TERMINA SIENDO MÁS GRANDE DE LO ESTIMADO

CÓDIGO	R04
DESCRIPCIÓN	El hecho de agregar funcionalidades no previstas sobre la marcha (R03) o una mala planificación inicial (R02) pueden ocasionar que el tamaño del producto final sea mucho mayor al planeado originalmente.
INDICADORES	La ocurrencia de R02 y/o R03 son indicadores claros que permiten predecir que este riesgo tendrá lugar.
PLAN DE PREVENCIÓN	En todo momento se buscará acatar el plan establecido, reprogramando sólo si es necesario. Las funcionalidades extras que quieran agregarse deberán ser registradas y ejecutadas en futuras iteraciones. La prioridad es cumplir en tiempo y forma con las tareas ya planificadas.
PLAN DE CONTINGENCIA	Se redistribuirán las tareas, ya sea valiéndose del margen de seguridad o trabajando tiempo extra. Si esto no es suficiente, se negociará con los



stakeholders para extender el tiempo de desarrollo del proyecto o bien para eliminar características no imprescindibles del producto.

LOS COMPONENTES DESARROLLADOS POR SEPARADO NO SE PUEDEN INTEGRAR

CÓDIGO	R05
DESCRIPCIÓN	Hay incompatibilidades entre los componentes de hardware. Las comunicaciones entre los distintos módulos no funcionan de la forma que deberían, lo que implica inconvenientes en la integración de las distintas piezas del hardware.
INDICADORES	Las interfaces de hardware no son claras ni sencillas. Los protocolos utilizados en las comunicaciones no son estándares.
PLAN DE PREVENCIÓN	Se dedicará cierta cantidad de tiempo a identificar cuáles son las salidas y las entradas de cada uno de los dispositivos de hardware. Se analizarán los formatos en los que se comunican los datos. Se consultará, además, con el experto en Electrónica para seleccionar componentes de hardware de renombre, ya probados y con cierta trayectoria en el mercado.
PLAN DE CONTINGENCIA	En caso que no se pueda avanzar debido a este problema, se consultará con el especialista en Electrónica.

DESCONOCIMIENTO DE LAS TECNOLOGÍAS A UTILIZAR

CÓDIGO	R06
DESCRIPCIÓN	Los integrantes del equipo de desarrollo no tienen experiencia en las tecnologías / herramientas a utilizar en el proyecto.
INDICADORES	Ninguno.
PLAN DE PREVENCIÓN	Es importante determinar el grado de conocimiento previo de los integrantes a la hora de seleccionar una tecnología o herramienta. Se debe analizar la curva de aprendizaje para cada una de las seleccionadas, teniendo en cuenta los distintos recursos bibliográficos y conocimiento de expertos que se dispongan. Particularmente para el proyecto <i>infoBus</i> , y para evitar futuros inconvenientes, se seleccionaron tecnologías y herramientas que eran conocidas y dominadas por los miembros del equipo de desarrollo.
PLAN DE CONTINGENCIA	Al trabajar con tecnologías y herramientas conocidas, las dudas e inconvenientes puntuales que puedan surgir podrán ser fácilmente resueltos por los integrantes del equipo del proyecto buscando información en libros o en Internet, o incluso participando en foros de discusión.

EL CONSULTOR ESPECIALISTA EN ELECTRÓNICA NO ESTÁ DISPONIBLE CUANDO SE LO NECESA

CÓDIGO	R07
--------	-----



DESCRIPCIÓN	Ante el surgimiento de problemas con el hardware que requieren del asesoramiento / soporte del especialista en Electrónica, éste no está disponible para colaborar con el proyecto.
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajenas al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Como medida básica de prevención, lo ideal es ponerse de acuerdo no con una única persona, sino con varias que estén dispuestas a colaborar con el proyecto ante un eventual problema. Es por esto que antes de empezar con la ejecución del plan el equipo de desarrollo se puso en contacto con un docente de la carrera Ingeniería Electrónica de la Facultad y con dos alumnos avanzados de esa carrera. De no estar disponible uno de ellos, seguramente algún otro sí podrá atender las consultas y contribuir con la solución del problema.
PLAN DE CONTINGENCIA	Si ninguna de las tres personas está disponible para dar soporte ante algún problema de hardware, las actividades involucradas deberán reprogramarse. Se debería tratar de avanzar en otras direcciones y con otras actividades, mientras se queda a la espera de la disponibilidad de algún especialista.

FALLAS / ROTURAS EN COMPONENTES DE HARDWARE

CÓDIGO	R08
DESCRIPCIÓN	Los componentes electrónicos (módulo GPS / GPRS, microcontrolador, etc.) presentan fallas o dejan de funcionar debido a roturas o a valores de alimentación erróneos.
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajenas al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Se tendrá especial cuidado a la hora de conectar estos dispositivos a la fuente de alimentación, asegurándose que los valores de tensión y corriente sean los adecuados. Además, y para extremar las medidas de seguridad, en la placa de alimentación se usarán diversos elementos de protección: reguladores de tensión, diodos para asegurar la correcta conexión de la alimentación, y fusibles para eventuales sobresaltos de corriente.
PLAN DE CONTINGENCIA	De averiarse alguno(s) de los componentes, se procederá al pedido inmediato de un nuevo ejemplar al proveedor. Se consultará con varios proveedores para asegurarse si alguno de ellos tiene el componente en stock, para evitar tener que importarlo (por una cuestión de tiempos).

RETRASO DE LOS PROVEEDORES EN LA ENTREGA DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

CÓDIGO	R09
DESCRIPCIÓN	Muy relacionado con el anterior, este riesgo hace referencia a que pueden transcurrir algunas semanas entre que se realiza el pedido y que el



	proveedor envía el componente, sobre todo si el producto tiene que importarse. Esto implica desvíos y retrasos en el plan.
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajenas al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Este riesgo puede evitarse prestando especial atención y cuidado con los componentes electrónicos. El plan de prevención de R08 es igualmente válido en este caso.
PLAN DE CONTINGENCIA	De la misma forma que ocurre con R08, en caso que este riesgo ocurra es conveniente ponerse en contacto con distintos proveedores para determinar si alguno de ellos tiene el dispositivo en stock. Mientras tanto, la planificación puede adaptarse para seguir avanzando con aquellas tareas independientes del hardware (por ejemplo, modelado o documentación).

MODELADO INADECUADO O INSUFICIENTE

CÓDIGO	R10
DESCRIPCIÓN	El modelo de Análisis / Diseño desarrollado no es suficiente o del todo explícito para permitir construir el software o hardware.
INDICADORES	El desarrollo de los módulos componentes de software o hardware se torna complicado y requiere de más tiempo del planificado inicialmente.
PLAN DE PREVENCIÓN	Se realizarán, con cierta frecuencia, validaciones de los modelos de Análisis y Diseño con todos los integrantes del equipo de desarrollo. Todos deben estar en condiciones de comprender el modelado y sugerir modificaciones para que éste sea más claro y preciso.
PLAN DE CONTINGENCIA	De manifestarse durante la fase de Construcción, deberá estudiarse una solución en función de los tiempos que se dispongan. Si el riesgo se materializa durante la fase de Elaboración, se revisará y modificará la documentación de diseño afectada. Si lo hace durante la fase de construcción, se estudiará una solución acorde a los tiempos de plazo de que se dispone. La planificación se reajustará si fuera necesario.

SURGIMIENTO Y ACEPTACIÓN DE NUEVAS OFERTAS LABORALES

CÓDIGO	R11
DESCRIPCIÓN	Se considera la posibilidad que alguno o todos de los miembros del equipo tomen nuevos compromisos laborales, disminuyendo así la cantidad de horas disponibles para trabajar en el proyecto.
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajenas al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Otra vez el enfoque tomado estará basado en la planificación pesimista. El calendario de trabajo se configuró para trabajar únicamente dos horas diarias. De esta forma, el impacto que este riesgo tendría sobre el proyecto



	(en caso de ocurrir) sería mínimo ya que dos horas por día es una carga horaria completamente accesible.
PLAN DE CONTINGENCIA	En caso de ser posible dedicarle dos horas diarias al proyecto, se aumentarán las horas destinadas al proyecto en los momentos disponibles para minimizar el impacto de este riesgo. Por ejemplo, trabajando 10 horas entre sábados y domingos puede recuperarse el tiempo perdido durante la semana.

PÉRDIDA DE ARTEFACTOS DEL PROYECTO

CÓDIGO	R12
DESCRIPCIÓN	Este riesgo contempla pérdidas no sólo de documentación asociada al proyecto, sino también de porciones de código, componentes de hardware, datos de la base de datos o resultados de pruebas.
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajena al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Se tomará una doble medida de seguridad. Por un lado, todos los documentos / código / scripts SQL / resultados de pruebas se guardarán en una carpeta en Dropbox compartida entre los integrantes del equipo. Por otro lado, se utilizará una herramienta de versionado pero con un servidor en la nube, como lo es Google Code. De esta forma resulta virtualmente imposible que ocurran pérdidas de artefactos del proyecto ya que se tiene un doble respaldo: Dropbox y Google Code.
PLAN DE CONTINGENCIA	En caso de ocurrir, y para evitar una re-planificación del calendario del proyecto, se deberá trabajar horas extras para cumplir con las fechas establecidas en el plan original.

IMPOSIBILIDAD PARA TRABAJAR DE ALGUNO DE LOS MIEMBROS DEL EQUIPO

CÓDIGO	R13
DESCRIPCIÓN	Este riesgo hace referencia a enfermedades, accidentes, viajes imprevistos y está relacionado, también, con posibles ofertas laborales (riesgo R11).
INDICADORES	Ninguno. Al deberse a causas ajena al proceso y al equipo del proyecto, se supone que es un riesgo difícil de predecir.
PLAN DE PREVENCIÓN	Adelantarse a la planificación es una buena estrategia, es decir, intentar cumplir los objetivos y alcanzar los hitos antes de lo estimado siempre que sea posible. De esta forma, la ausencia de uno de los integrantes del equipo en el proyecto no supone un retraso importante.
PLAN DE CONTINGENCIA	Los otros miembros del equipo de desarrollo tratarán de trabajar horas extras para cumplir con las tareas de quien se ausente. En caso necesario, se dejarán de realizar tareas poco importantes para centrarse en las principales. Se tratará, en lo posible, de reajustar la planificación del proyecto.



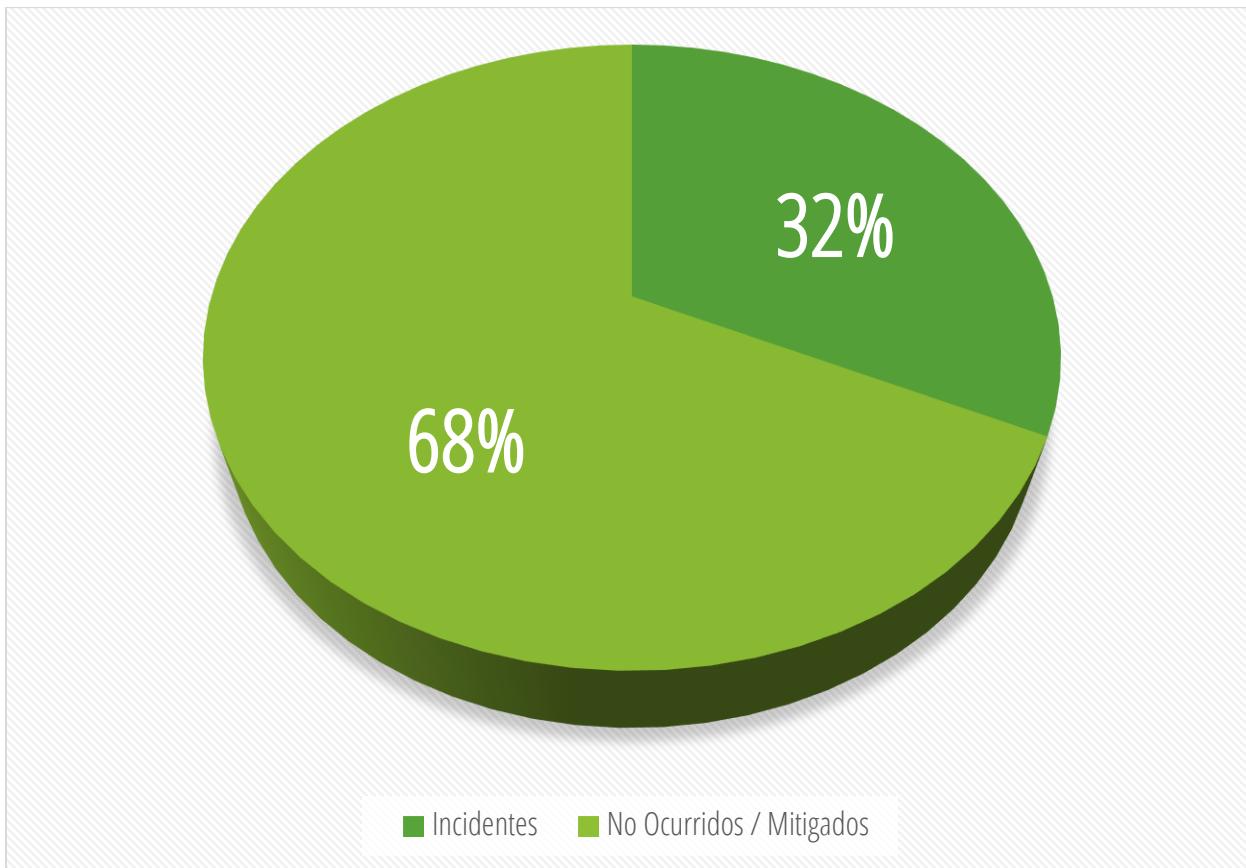
13.3 SEGUIMIENTO, CONTROL Y RESULTADOS DE LA GESTIÓN

A continuación se detallan los riesgos que han sido mitigados mediante la ejecución de los planes de contingencia correspondientes, así como también aquellos riesgos que no han ocurrido gracias a los planes de prevención detallados en el punto anterior.

#	DESCRIPCIÓN	ESTADO
R01	Planificación demasiado optimista	NO OCURRIDO / MITIGADO
R02	La planificación no incluye tareas necesarias	OCURRIÓ
R03	Cambios en los requerimientos	NO OCURRIDO / MITIGADO
R04	El producto termina siendo más grande de lo estimado	OCURRIÓ
R05	Los componentes desarrollados por separado no se pueden integrar de forma sencilla	NO OCURRIDO / MITIGADO
R06	Desconocimiento de la tecnologías a utilizar	NO OCURRIDO / MITIGADO
R07	El consultor especialista en Electrónica no está disponible para colaborar si se lo necesita	NO OCURRIDO / MITIGADO
R08	Fallas / Roturas en componentes de Hardware	OCURRIÓ
R09	Retraso de los proveedores en la entrega de componentes electrónicos (importados) para el armado del Hardware	OCURRIÓ
R10	Modelado inadecuado o insuficiente	NO OCURRIDO / MITIGADO
R11	Surgimiento de nuevas ofertas laborales a los integrantes del equipo que son aceptadas	OCURRIÓ
R12	Pérdida de artefactos del proyecto	NO OCURRIDO / MITIGADO
R13	Imposibilidad para trabajar de alguno de los miembros del equipo	NO OCURRIDO / MITIGADO

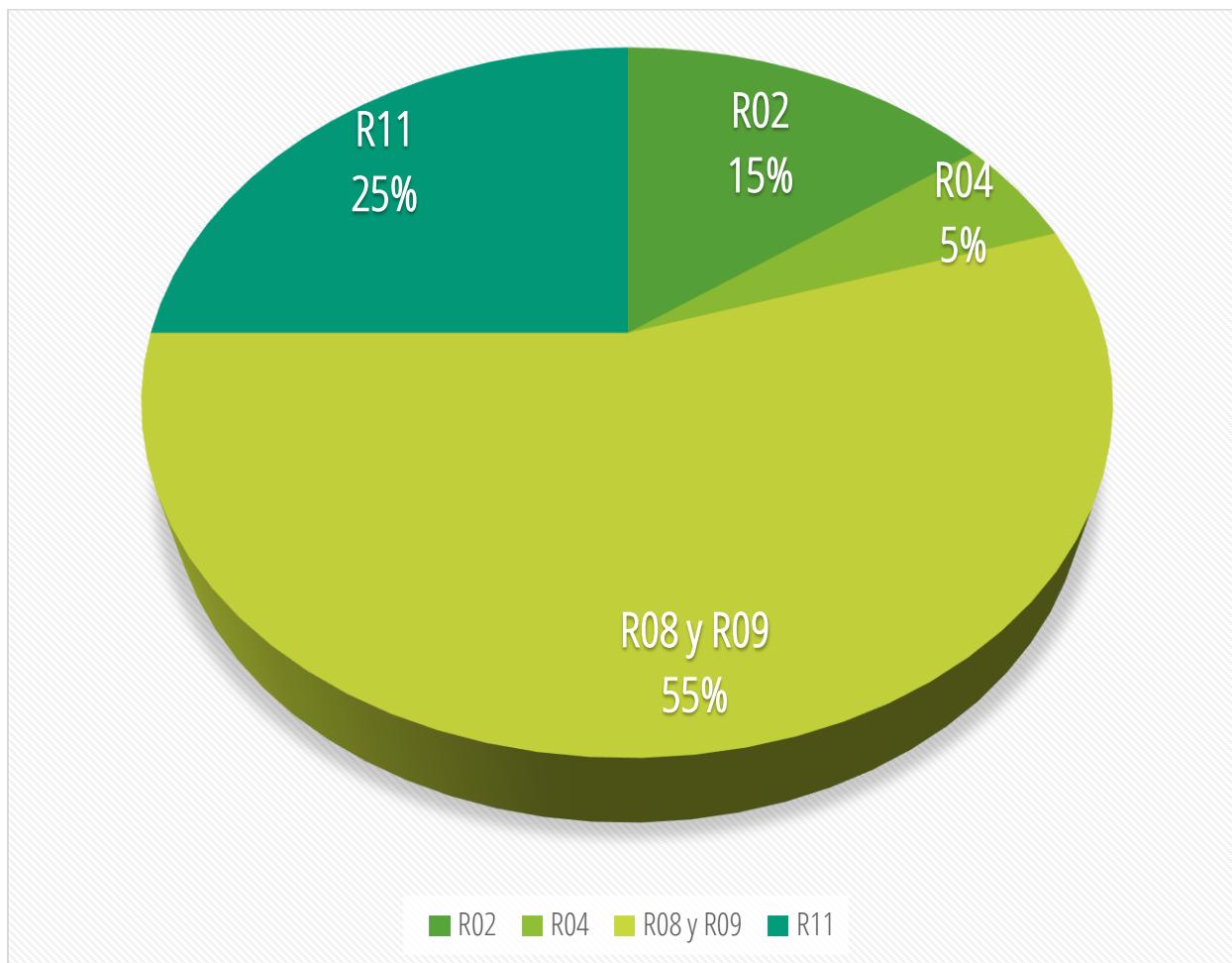


Los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los planes de prevención fueron, mayormente, positivos: de los 13 riesgos identificados, únicamente 5 ocurrieron (lo que representa un 38% sobre el total). Además, los planes de contingencia planteados para estos 5 riesgos que ocurrieron permitieron, en gran medida, minimizar su impacto y permitir que el proyecto no se descontrolase.



Al finalizar el proyecto se llevó a cabo un “Análisis Post Mortem” para determinar el impacto que tuvieron aquellos riesgos planteados al inicio de la gestión que, pese a haberse ejecutado un plan de prevención, ocurrieron de todos modos. Si bien en general los riesgos estuvieron controlados en todo momento, algunos (especialmente aquellos ajenos al proceso y al equipo de desarrollo) sí se materializaron, ocasionando demoras en el proyecto.

El gráfico a continuación muestra el impacto que tuvieron los riesgos ocurridos en los recursos extras que fueron necesarios para sortear esos inconvenientes y seguir adelante. Debido a que ponderar el impacto que tuvo cada riesgo en el atraso del proyecto no es una tarea sencilla, se trató de hacer algunas aproximaciones y estimaciones de los porcentajes de participación de cada riesgo en el retraso total del proyecto.



A continuación, las conclusiones extraídas de la experiencia en el proyecto InfoBus con respecto a riesgos. Muchos de estos comentarios pueden ser útiles para futuros desarrollos de este tipo.

R08 y R09 responsables de aproximadamente el 55% del desvío del plan:

Las fallas y roturas en los componentes electrónicos y el retraso de los proveedores en la entrega de estos componentes para su reemplazo en el armado del hardware (correspondientes a los riesgos R08 y R09, respectivamente) fue lo que mayor impacto tuvo y lo que más contribuyó al retraso del proyecto. Los inconvenientes tuvieron su origen en que muchos de estos dispositivos electrónicos no se producen en el país, por lo que deben importarse. La conclusión y estrategia para futuros proyectos de este tipo es armarse de un stock inicial de, por lo menos, dos o tres componentes de cada tipo. Si bien se estaría incurriendo en costos extra, se evitan atrasos en el plan. Así, se trata de encontrar una solución de compromiso.



R11 responsable de aproximadamente el 25% del desvío del plan:

Ya en el tramo final del desarrollo del proyecto, a dos de los integrantes del equipo le surgieron ofertas laborales interesantes que fueron aceptadas. Si bien esto ocasionó algún retraso en el proyecto, el impacto fue mínimo debido a los “márgenes de holgura” establecidos para determinadas tareas críticas en la planificación original del proyecto. Lo que no pudo ser cubierto con este tiempo de respaldo, tuvo que realizarse en jornadas extra durante fines de semana o en horas en las que no estaba planificado trabajar.

R02 responsable de aproximadamente el 15% del desvío del plan:

La inexperiencia en la planificación y confección de un calendario de trabajo para un proyecto de dimensiones considerables como es *infoBus* originó ciertos inconvenientes en el seguimiento del plan, ya que a lo largo de la ejecución de las distintas actividades (y, sobretodo, en la fase de Construcción) se pusieron de manifiesto muchas tareas necesarias que no estaban planificadas desde un comienzo.

R04 responsable por aproximadamente el 5% del desvío del plan:

Efectivamente, al finalizar el proyecto el equipo de desarrollo se encontró con que el producto terminó siendo más grande que el pensado originalmente. La idea del proyecto se fue mejorando sobre la marcha, con lo que se llevaron a cabo algunas modificaciones en los requerimientos planteados en un principio. De todas formas el impacto que esto tuvo no fue alto, ya que la idea general del producto se mantuvo, introduciéndose solamente algunos cambios mínimos que fueron favorables.



Capítulo 5

Gestión de Configuraciones

14 PLAN DE GESTIÓN DE CONFIGURACIONES

Cuando se desarrolla un proyecto de software los cambios son inevitables. Estos cambios muchas veces no se analizan, no se registran antes de implementarlos, no se comunican ni tampoco se controlan. Esto ocasiona problemas como pérdidas de componentes, pérdida de cambios (el componente que se tiene no es el último), superposición de cambios, múltiples copias de un mismo documento, entre muchos otros.

La gestión de configuraciones es el arte de identificar, organizar y controlar las modificaciones que sufre el proyecto. Por configuración se hace referencia a todos los componentes, documentos, y demás artefactos que definen una versión determinada del producto a entregar.

Este documento describe las actividades de gestión de configuraciones de software que deben ser llevadas a cabo durante el proceso de desarrollo del proyecto *infoBus*. Aquí se definen los artefactos que se versionarán, así como también los procedimientos que deben ser seguidos por los integrantes del equipo de trabajo a la hora de evaluar e incorporar cambios.



14.1 ACTIVIDADES DE LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES

La gestión de configuraciones comprende un conjunto de actividades que serán llevadas a cabo a lo largo de todo el desarrollo del proyecto.

14.1.1 Confección del Plan de Gestión de Configuraciones

El objetivo de este plan es dar soporte al desarrollo del proyecto, colocando bajo el control de configuraciones tanto el código generado como la documentación generada a lo largo del proyecto. Un punto fundamental del plan es la identificación de los artefactos a versionar: se trata de determinar los productos que se requiere mantener bajo supervisión, asignándoles un nombre, una versión y una identificación de configuración. Otro aspecto importante del plan es detallar cómo se producirá el control de versiones, que deberá combinar procedimientos y herramientas para gestionar las versiones de los elementos de configuración.

14.1.2 Confección de Informes

Los informes de estado responden a preguntas como ¿qué pasó?, ¿cuándo se hizo?, ¿quién lo hizo?, entre otras. Los informes muestran el estado actual de todos los cambios, así como también una evolución histórica de los mismos.

14.1.3 Control de Cambios

Combina procedimientos humanos y herramientas automáticas para proporcionar un mecanismo para el control de cambios. Ante una solicitud de cambio se realiza una propuesta de cambio que, previa evaluación, se implementa o se rechaza según corresponda.

14.2 ROLES Y RESPONSABILIDADES

Los responsables de llevar a cabo todos los procesos involucrados en la gestión de configuraciones del proyecto serán los tres integrantes del grupo.

Ya que todos los artefactos supervisados se mantendrán en repositorios online de actualización automática a los cuales todos los integrantes del equipo de desarrollo tienen acceso, no será necesario definir explícitamente vías de comunicación para dar a conocer los cambios ocurridos. Sin embargo, se realizarán envíos de emails ante modificaciones importantes que contengan información resumida de los componentes afectados, los cambios realizados y todo aquello que se considere importante para clarificar las acciones llevadas a cabo.



14.3 IDENTIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE CONFIGURACIÓN

Un *elemento de configuración* es uno de los artefactos producto del proceso de desarrollo de software cuya evolución interesa administrar. La decisión de cuáles de los entregables serán elementos de configuración será tomada por el equipo, quienes deberán tener en cuenta qué productos serán necesarios a la hora de recuperar una versión completa del sistema.

Se listan a continuación aquellos artefactos que se van a poner bajo la gestión de configuraciones del proyecto *infoBus*.

Artefactos relacionados con la Gestión:

- Documento de *Plan de Proyecto*
- Documento de *Gestión de Riesgos*
- Documento de *Gestión de Configuraciones*
- Documento de *Estudio de Factibilidad*
- Documento de *Casos de Prueba*

Artefactos relacionados con el Producto:

- *Especificación de Requerimientos* (SRS)
- *Arquitectura del Sistema*
- *Modelo de Casos de Uso*
- *Modelo de Análisis*
- *Modelo de Diseño*
- *Modelo de Procesos* (funcionamiento de la arquitectura)
- *Modelo de Datos* (estructura y datos de la base de datos)
- *Diseño y especificaciones para la construcción del hardware*
- *Código fuente de las distintas aplicaciones* (Android, Web Desktop, Web Mobile, Panel de Control, para TV / Raspberry Pi, programa del microcontrolador)

Varios:

- *Manual de Usuario*
- *Bibliografía consultada*



14.4 RECUPERACIÓN DE ELEMENTOS DE CONFIGURACIÓN

En este apartado se indica en qué formato se almacenan los elementos de configuración del proyecto, y con qué herramientas podrán ser editados.

14.4.1 Modelos de Casos de Uso / Análisis / Diseño y Arquitectura del Sistema

Para el modelado del sistema se utiliza la herramienta *StarUML*. Los archivos se guardan con extensión *.uml*.

14.4.2 Modelo de Datos (Diagrama Entidad-Relación)

Para el modelado de datos se utiliza la herramienta *MySQL Workbench CE*. Los archivos se guardan con extensión *.mwb*.

14.4.3 Especificación de Requerimientos de Software (SRS)

Para el documento SRS se utiliza la herramienta *Microsoft Word* bajo licencia académica. Los archivos se guardan con extensión *.docx*.

14.4.4 Diseño del Hardware (PCB)

Para el diseño del circuito impreso (PCB) se utiliza la herramienta *CadSoft EAGLE PCB Design Software*. Los archivos del esquema eléctrico se guardan con extensión *.sch*, mientras que los archivos para la disposición de trazas y el diseño de la placa en sí se guardan con extensión *.brd*.

14.4.5 Código Fuente

El código fuente para las distintas aplicaciones se guardará en el formato correspondiente al lenguaje de programación en el que se construya el artefacto.

14.4.6 Diagramas de Gantt

Para la calendarización del proyecto se utiliza la herramienta *Microsoft Project* bajo licencia académica. Los archivos se guardan con extensión *.mpp*.

14.4.7 Documentos Varios

Para la documentación en general (formato texto) se utiliza la herramienta *Microsoft Word* bajo licencia académica. Los archivos se guardan con extensión *.docx*.



14.5 HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES

La gestión de configuraciones del proyecto infoBus se llevará a cabo usando las siguientes herramientas: Google Code, Subversion, Tortoise SVN y Dropbox.

14.5.1 Google Code (<http://code.google.com>)

Google Code proporciona un ambiente gratuito para el desarrollo colaborativo de proyectos OpenSource. La herramienta dispone de un sistema para manejo de usuarios y permisos, un repositorio Subversion / Mercurial / Git, una *wiki*, y un sistema para seguimiento de problemas (*issue tracker*), entre otros.

La URL del proyecto *infoBus* en Google Code es:

<http://code.google.com/p/infobus/>

14.5.2 Subversion (<http://subversion.apache.org>)

Apache Subversion (SVN) es un sistema de control de versiones y revisiones distribuido como software libre. Los desarrolladores usan SVN para mantener un registro histórico de versiones de código fuente, sitios web y documentación, entre otros artefactos. SVN permite acceder a repositorios remotos a través de Internet, por lo que resulta ideal para ser usado por equipos de desarrollo.

14.5.3 Tortoise SVN (<http://tortoisessvn.net>)

Tortoise SVN es un cliente Subversion, implementado como una extensión del menú contextual de Windows. Es intuitivo y fácil de usar, ya que evita que el usuario tenga que interactuar con Subversion por consola. Tortoise SVN es software libre.

14.5.4 Dropbox (<http://dropbox.com>)

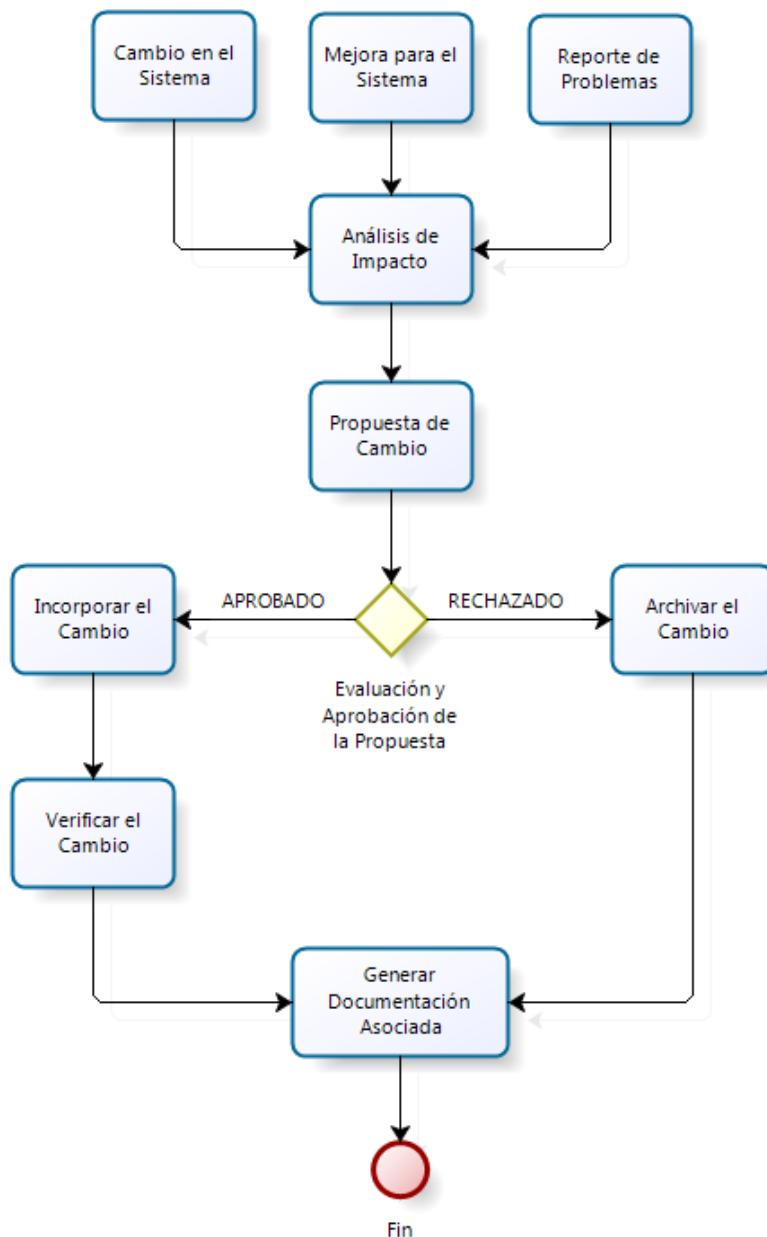
Dropbox es un servicio gratuito y multiplataforma de alojamiento de archivos en la nube. Si bien funciona como un servicio de almacenamiento, resulta ideal para sincronizar y compartir archivos entre varios usuarios.



14.6 PROGRAMA PARA LA GESTIÓN DE CONFIGURACIONES

El control de cambios es un mecanismo para la evaluación y aprobación de los cambios hechos a elementos de la configuración durante el ciclo de vida. Implica un procedimiento de revisión y aprobación para cada cambio propuesto.

El siguiente diagrama describe, a grandes rasgos, el proceso a seguir a la hora de solicitar cambios en el sistema:





14.6.1 Solicitud de Cambio

El proceso comienza cuando se detecta una necesidad de cambio. Así, se pueden solicitar modificaciones para modificar características ya existentes en el sistema, introducir nuevas funcionalidades o corregir errores.

14.6.2 Evaluación y Decisión

Se evalúa de la solicitud de cambio, teniendo en cuenta los aspectos técnicos, económicos y de recursos que implicaría la implementación de dicho cambio. Cuando se analice la petición, se tendrá en cuenta la información provista por el sistema de gestión de configuraciones para identificar los elementos afectados por la petición.

14.6.3 Aceptación o rechazo

La aceptación o rechazo de un cambio será una decisión que tomen los miembros del equipo de desarrollo. Cada vez que una propuesta es aceptada, se realizará un registro del cambio con la información generada a partir de la solicitud, incluyendo las versiones que se verán afectadas por la modificación. Este registro establecerá un nexo entre la solicitud y los cambios que realmente van a realizarse.

14.6.4 Implementación de los cambios

Todos los cambios que hayan sido aprobados para su implementación serán gestionados automática y directamente por las herramientas de gestión de configuraciones para cada tipo de elemento. De esta manera se garantiza que los cambios sean realizados correctamente.



</Gestión>

The background features a light beige or cream-colored surface with a subtle, fine-grained texture. In the upper right quadrant, there is a graphic element composed of several overlapping geometric shapes. A large, irregular red shape with diagonal hatching is at the top left. To its right is a teal-colored speech bubble with diagonal hatching, containing the text "<Producto>". Below this is a teal arrow pointing downwards and to the left. The overall composition is minimalist and modern.

<Producto>



Capítulo 6

Análisis

15 ESPECIFICACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

Los requerimientos del sistema se van a documentar siguiendo lo establecido por la última versión del **estándar IEEE 830**. Debido a que algunos puntos que se incluyen en este estándar ya fueron tratados en el capítulo anterior, solamente se incluirá aquella información que resulte de importancia para el presente capítulo.

15.1 CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO

El sistema distingue entre tres categorías de usuarios, cada una con características particulares:

15.1.1 Usuario Conductor

Es el usuario que tendrá a cargo el manejo del equipo de rastreo. El hardware estará dentro del colectivo, preferentemente conectado a la batería del mismo o alguna otra fuente de alimentación capaz de proporcionar 12V de tensión y 2 A de corriente. Es responsabilidad del usuario conductor seleccionar el código de línea antes de comenzar el recorrido.



15.1.2 Usuario Final

El término “usuario final” hace referencia a todas las personas que utilicen el sistema infoBus a través de sus distintas interfaces de usuario: aplicación Android, aplicación Web Desktop, aplicación Web Mobile, aplicación para TV en paradas de colectivo.

15.1.3 Propietario / Administrador del Sistema

El propietario del sistema puede estar representado tanto por una empresa prestataria de servicios de transporte urbano, como por una Municipalidad. El administrador se encarga de parametrizar el sistema, cargando datos correspondientes a las distintas líneas, paradas y recorridos del servicio de transporte urbano de pasajeros.

15.2 REQUISITOS FUNCIONALES

Un requerimiento funcional define una funcionalidad del sistema de software o de alguno de sus componentes. Los siguientes son los requerimientos funcionales identificados para el sistema infoBus, agrupados según el subsistema al que pertenecen para`

15.2.1 Requerimientos de la Aplicación Embebida

El módulo GPS permitirá capturar las coordenadas (latitud y longitud) exactas de cada colectivo en intervalos de 10 segundos. El hardware de rastreo se comunicará con el servidor a través del módulo GPRS, enviando los datos de geolocalización de cada vehículo por mensajes HTTP a Internet. Además, el sistema deberá poder identificar y extraer, de todos los datos que ofrece el módulo GPS, aquellos que sean relevantes y sirvan a los fines del sistema. No tiene sentido enviar datos que no son útiles ya que se estarían desperdiando recursos.

RF01

El sistema deberá contar con un hardware de rastreo que permita capturar la posición del colectivo y enviarla a un servidor para su procesamiento, todo en tiempo real y a intervalos regulares de tiempo que no superen los 10 segundos.

Por otro lado, el sistema de rastreo tendrá una interfaz con botones para que el conductor pueda configurar la línea que corresponda, así como también un botón anti pánico. La idea es que el equipo de rastreo sea independiente del colectivo y pueda usarse en cualquier línea, sin distinción.

RF02

El conductor deberá setear la línea de colectivo antes de comenzar su recorrido.



RF03

El sistema deberá contar con un botón de pánico para alarmar a la central sobre algún siniestro (asaltos, secuestros del vehículo, incendios, etc.).

15.2.2 Requerimientos de la Aplicación para Usuarios Finales (Frontend)

La aplicación para usuarios finales hace referencia a la aplicación Web Desktop, Web Mobile, Android y para monitores en las paradas de colectivo.

RF04

El sistema deberá permitir visualizar el recorrido de las distintas líneas de colectivos en un mapa digital.

RF05

El sistema deberá permitir visualizar, sobre el mismo mapa, la posición en tiempo real de los colectivos de una línea en particular, desplazándose sobre el recorrido ya marcado.

RF06

El sistema deberá indicar, con la mayor exactitud posible, cuánto falta para que el próximo colectivo de la línea seleccionada llegue a una parada determinada.

RF07

El sistema deberá permitir centrar el mapa automáticamente en la ubicación actual del usuario, siempre y cuando éste tenga el GPS de su Smartphone activado.

RF08

El sistema deberá permitir configurar el nivel de *zoom* con el que se mostrará el mapa.

RF09

El sistema deberá mostrar los horarios predefinidos por la empresa prestataria del servicio de transporte urbano, clasificados por líneas y paradas.

RF10

El sistema deberá contar con una sección en donde se puedan dejar comentarios y sugerencias sobre el servicio de transporte urbano y sobre el sistema *infoBus*.

15.2.3 Requerimientos de la Aplicación para Administradores (Backend)

La aplicación para administradores hace referencia al panel de control web que permite **parametrizar el sistema**, configurando horarios estáticos, colectivos, líneas, paradas y usuarios.



RF11

El sistema deberá permitir a los administradores, previa autenticación, la gestión (CRUD) de *todas las entidades del sistema*: líneas, recorridos correspondientes a cada línea, colectivos por línea, paradas por líneas, horarios estáticos y usuarios administradores del sistema.

RF12

El sistema deberá permitirles a los administradores, previa autenticación, ver estadísticas tanto del acceso al sistema por parte de los usuarios finales, como del funcionamiento del servicio de transporte urbano (por ejemplo, demoras promedios de cada línea).

15.2.4 Requerimientos del Web Service

Los datos enviados desde el hardware se procesan en un servidor web y se almacenan en una base de datos. Sobre el mismo servidor deberá correr un Web Service que responda a solicitudes de datos que las distintas aplicaciones realicen al servidor.

RF13

El servidor web deberá recibir los datos enviados por el hardware de rastreo y guardarlos en la base de datos.

RF14

El servidor web deberá realizar cálculos, basándose en los datos históricos almacenados en la base de datos, para determinar el tiempo restante antes que un colectivo pase por una determinada parada.

RF15

El Web Service deberá ser capaz de devolver los datos solicitados por las distintas aplicaciones en tiempo y forma.

15.3 REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

Los usuarios tienen expectativas implícitas sobre cuán bien funcionará un sistema. Estas características incluyen la rapidez de ejecución, la facilidad de uso, la confiabilidad, cómo se comporta ante eventos o condiciones inesperadas, entre muchos otros. Así, los requerimientos no funcionales definen cómo debe ser el sistema, es decir, sus **atributos** o **restricciones**.

15.3.1 Precisión y Fiabilidad

La exactitud de la mayoría de los módulos GPS disponibles en el mercado a un costo asequible es relativamente baja, de alrededor de unos **±3.3 metros de error**. De todos modos, y a los fines de este proyecto, esta exactitud es aceptable. El uso de dispositivos más exactos (con una



precisión del orden de los centímetros) se descarta por su costo elevado, lo que tornaría al proyecto no factible económicoamente.

RNF01

El error *máximo admisible* en las posiciones de los distintos colectivos es ± 10 metros, que es aproximadamente el largo del colectivo. En cuanto a las estimaciones de los tiempos de espera, es aceptable trabajar con una tolerancia de ± 20 segundos.

15.3.2 Frecuencia de Actualización

El hardware de rastreo es capaz de enviar datos de geolocalización de un colectivo a intervalos regulares de 10 segundos. Ciertamente ésta es una frecuencia de actualización más que aceptable para un sistema de estas características.

RNF02

La ubicación de los colectivos debe actualizarse a intervalos regulares de 10 segundos.

15.3.3 Tiempo de Respuesta

El tiempo de respuesta del Web Service tiene que estar en el orden de los milisegundos, con lo que no debería haber otras demoras más que las ocasionadas por la velocidad de conexión a Internet del usuario final. Para esto, el servidor que se contrate para alojar al Web Service tiene que ser confiable y de calidad.

RNF03

El Web Service y las distintas aplicaciones de usuario (Frontend) tienen que dar respuesta a las consultas de forma inmediata.

15.3.4 Seguridad

Las claves de acceso de los administradores deberán almacenarse en la base de datos de forma segura, para evitar que usuarios malintencionados accedan al panel de control y comprometan el funcionamiento habitual del sistema.

RNF04

Las contraseñas para el acceso de administradores se almacenarán encriptadas en la base de datos mediante una combinación de algoritmos de hash.



15.3.5 Disponibilidad

El sistema debe funcionar a toda hora, todos los días, los 365 días del año, sin interrupciones.

RNF05

El sistema tiene que estar operativo bajo un esquema 24/7/365.

15.3.6 Portabilidad

La aplicación web (tanto en su versión Web Desktop como en su versión Web Mobile) deberá ser independiente del sistema operativo del usuario.

RNF06

La aplicación web deberá poder ejecutarse sin problema bajo cualquier sistema operativo y en la última versión de los principales navegadores, a saber: Chrome, Firefox, Internet Explorer, Opera y Safari.

15.3.7 Compatibilidad

Con respecto a la aplicación para Android, habrá cierta compatibilidad hacia atrás, ya que hoy en día existen todavía muchos dispositivos corriendo versiones desactualizadas de este sistema operativo.

RNF07

La aplicación móvil deberá poder correr sin inconvenientes en cualquier dispositivo Android cuya versión sea superior a la 2.2.

15.3.8 Alimentación

El hardware de rastreo consume hasta picos de 3A de corriente continua a 12V. Por lo tanto resulta imprescindible contar con una fuente de alimentación a bordo de cada colectivo que pueda proporcionar energía de estas características para permitir el funcionamiento del equipo. Lo ideal sería utilizar la batería del vehículo.

RNF08

El vehículo debe contar con una fuente de energía que sea capaz de entregar 12V y hasta 3A de corriente continua para alimentar el hardware de rastreo.



15.3.9 Conurrencia

Al existir varios colectivos recorriendo las calles de la ciudad al mismo tiempo, resulta imperioso el uso de un motor de base de datos que soporte concurrencia o procesamiento en paralelo en las transacciones que se realicen.

RNF09

El motor de base de datos que se utilice deberá soportar concurrencia y un gran volumen de transacciones diarias en simultáneo.

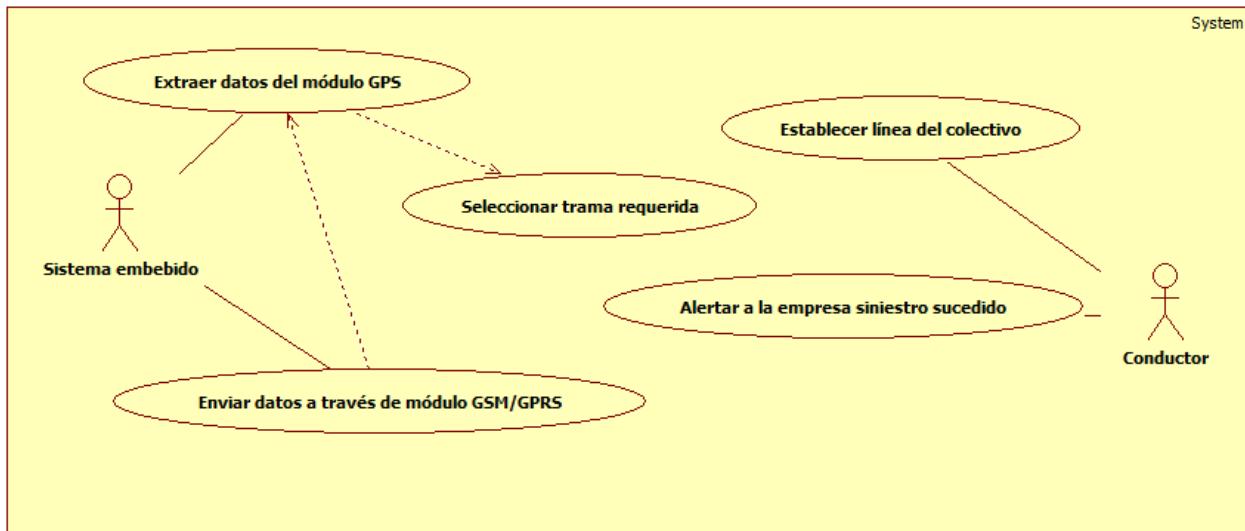
16 MODELO DE CASOS DE USO

El modelo de casos de uso describe la funcionalidad propuesta del nuevo sistema. Un caso de uso representa una unidad discreta de interacción entre un usuario (humano o máquina) y el sistema.

16.1 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

16.1.1 Sistema Embebido

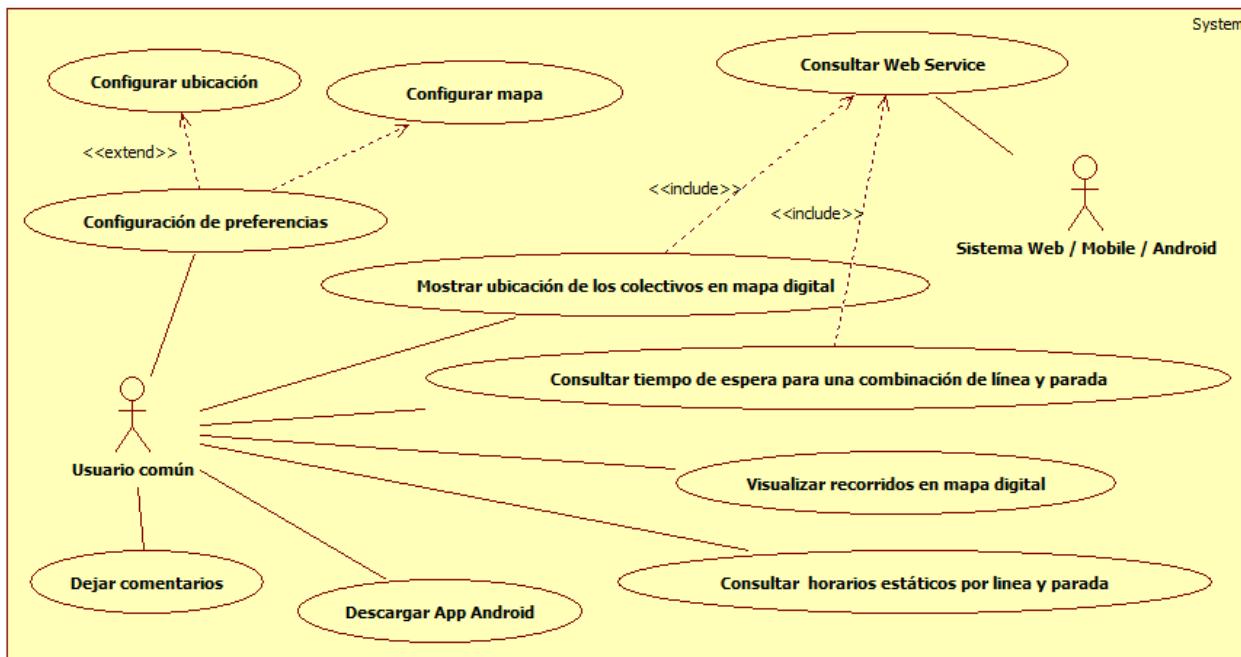
Este primer diagrama corresponde a los casos de uso del sistema embebido en el hardware de rastreo.





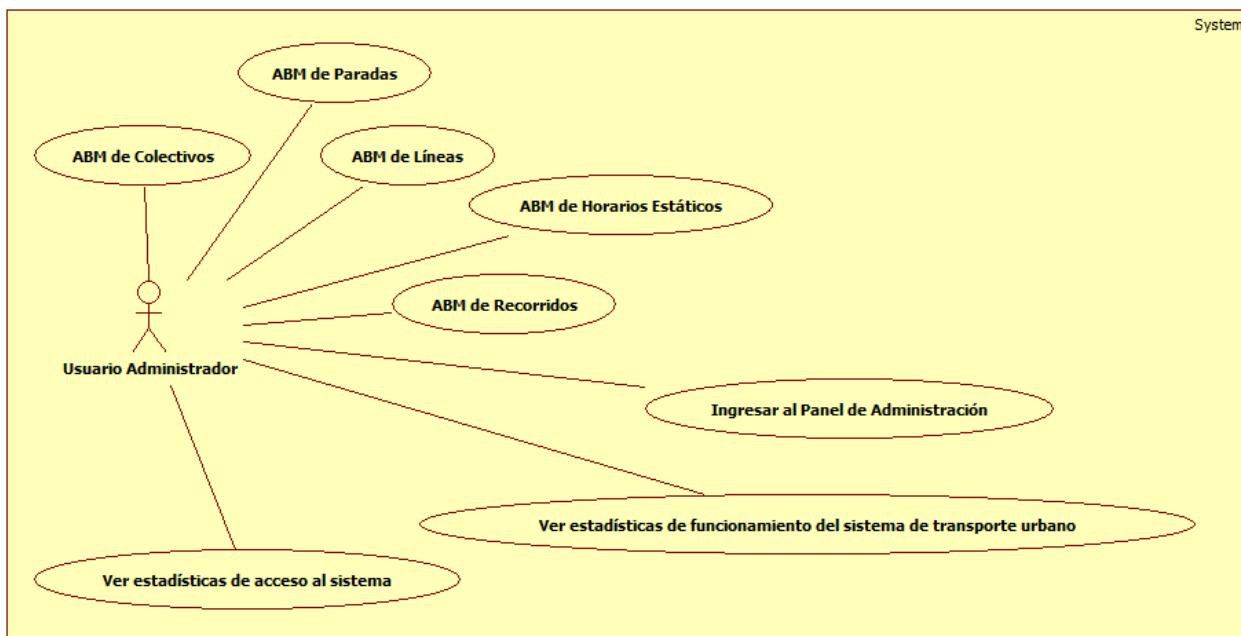
16.1.2 Frontend

Este segundo diagrama refleja los casos de uso relacionados con las aplicaciones Web (en sus versiones Desktop y Mobile) y la aplicación para dispositivos Android.



16.1.3 Backend

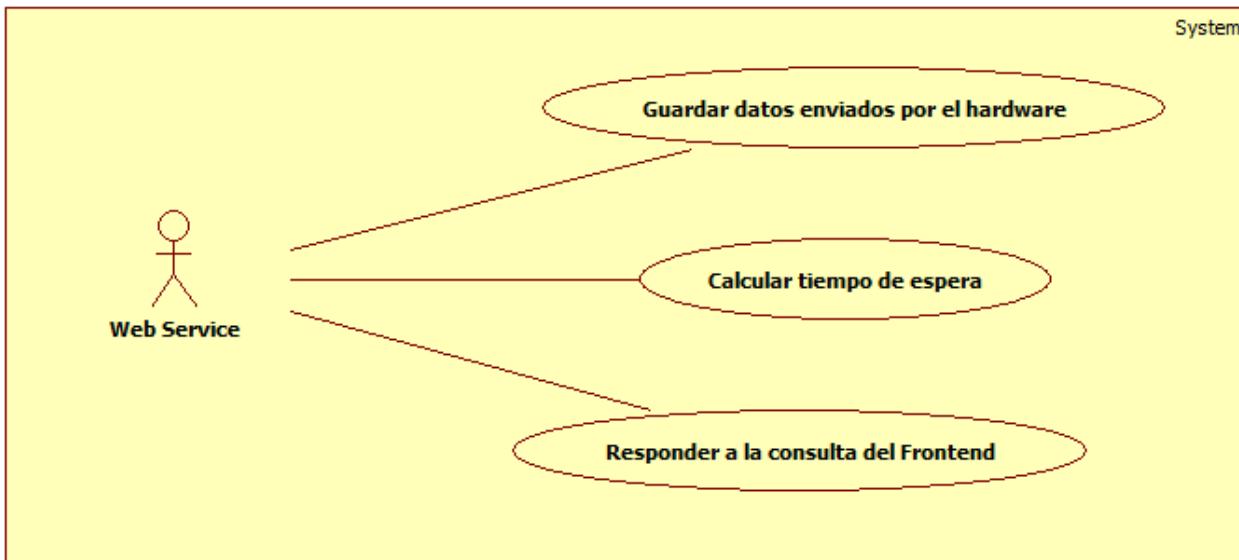
Este tercer diagrama muestra los casos de uso involucrados en el panel de control del sistema.





16.1.4 Web Service

Este último diagrama muestra los casos de uso que realizan los requerimientos relacionados con el Web Service del sistema *infoBus*.



16.2 DESCRIPCIÓN DE CASOS DE USO

Los casos de uso permiten capturar los requisitos funcionales del sistema, y guían a todo el proceso de desarrollo. Un caso de uso identifica un tipo de interacción con el sistema y los actores involucrados, proporcionando una descripción de los pasos o las actividades que deberán realizarse para llevar a cabo algún proceso.

El conjunto de casos de uso representa todas las posibles interacciones entre los actores y el sistema, documentándose con un texto informal utilizando lenguaje natural. En general, se usa una lista numerada de los pasos que sigue el actor para interactuar con el sistema.

Cada caso de uso tiene una descripción que detalla la funcionalidad que se construirá en el sistema propuesto. Además, un caso de uso puede "incluir" la funcionalidad de otro caso de uso o "extender" a otro caso de uso con su propio comportamiento.

A continuación se describen todos los casos de uso del sistema *infoBus*, organizados en cuatro categorías: Sistema embebido (o Hardware de Rastreo), Frontend, Backend y Web Service.



16.2.1 Sistema Embebido

#	CU01
NOMBRE	Extraer datos del módulo GPS
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Sistema embebido
DESCRIPCIÓN	Este caso de uso obtiene la información necesaria que proviene del módulo GPS (trama NMEA).
DISPARADOR	Cuando se enciende el hardware de rastreo y empieza el recorrido, el sistema embebido comienza automáticamente a extraer tramas del módulo GPS.
PRE CONDICIÓN	Es necesario que el hardware de rastreo esté encendido.
POST CONDICIÓN	El sistema embebido contará con los datos necesarios para rastrear al colectivo.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se enciende el hardware de rastreo. 2. Mientras el hardware de rastreo esté encendido y no se corte la alimentación, hacer: <ol style="list-style-type: none"> a. El sistema obtiene tramas NMEA del módulo GPS. Incluir la funcionalidad contenida en el caso de uso "Seleccionar trama requerida". b. El sistema subdivide la cadena en los elementos necesarios para rastrear el colectivo. 3. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU02 (Seleccionar trama requerida)
FRECUENCIA DE USO	Muy alta, los datos se envían al servidor a intervalos regulares de diez segundos, siempre y cuando el hardware de rastreo esté encendido.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU02
NOMBRE	Seleccionar trama requerida
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Sistema embebido
DESCRIPCIÓN	Este caso de uso selecciona, de todas las tramas disponibles, la trama GPRMC que contiene los datos necesarios para geolocalizar al colectivo (latitud, longitud, velocidad, entre otras).
DISPARADOR	CU01 (Extraer datos del módulo GPS)
PRE CONDICIÓN	Es necesario que se esté ejecutando el caso de uso CU01.
POST CONDICIÓN	Se devuelve la trama GPRMC.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtrar puerto serie con la cadena "\$GPRMC". 2. Buscar último carácter antes del nuevo "\$". 3. Llenar arreglo con la información obtenida. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU01 (Extraer datos del módulo GPS)
FRECUENCIA DE USO	Muy alta, los datos se envían al servidor a intervalos regulares de diez segundos, cada vez que lo invoque el CU01, y siempre y cuando el hardware de rastreo esté encendido.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU03
NOMBRE	Enviar datos a través del módulo GPRS/GSM
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Sistema embebido
DESCRIPCIÓN	Este caso de envía, una vez desglosados los datos obtenidos del GPS, la latitud y longitud de un colectivo al servidor web.
DISPARADOR	CU01 (Extraer datos del módulo GPS). Este caso de uso se ejecuta cuando se haya obtenido una trama NMEA.
PRE CONDICIÓN	La trama debe ser válida y el chip del módulo GSM/GPRS debe poder conectarse / enviar datos a Internet.
POST CONDICIÓN	El servidor web recibirá la latitud y longitud del colectivo en cuestión.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El módulo GSM/GPRS establece comunicación con el servidor. 2. Se envían los datos de geolocalización al servidor. 3. El servidor envía señal de respuesta (ACK). 4. Esperar siguiente trama. 5. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	<u>Paso 3:</u> Si los datos no se pudieron enviar, intentar una vez más. Si el envío vuelve a fallar la trama se descarta. Ir al paso 4 de este caso de uso.
EXCEPCIONES	<u>Paso 3:</u> Si no funciona la red de telefonía, los datos no se enviarán.
INCLUDES	CU01 (Extraer datos del módulo GPS)
FRECUENCIA DE USO	Muy alta, los datos se envían al servidor a intervalos regulares de diez segundos, siempre y cuando el hardware de rastreo esté encendido.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU04
NOMBRE	Alertar sobre siniestro ocurrido (botón anti pánico)
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Conductor
DESCRIPCIÓN	En caso de suceder algún siniestro (asalto, incendio, accidente) el conductor tendrá la posibilidad de presionar un botón anti pánico que envíe un mensaje de alerta a la central.
DISPARADOR	Ocurrencia de siniestro.
PRE CONDICIÓN	Se debe presionar el botón anti pánico.
POST CONDICIÓN	La central está al tanto de la ocurrencia del siniestro y puede brindar asistencia (alertar a la policía, bomberos, etc.).
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> El conductor presiona el botón de alarma. El sistema envía un mensaje a la central. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	<u>Paso 2:</u> Si no funciona la red de telefonía, la alerta no se enviará.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Muy inusual.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU05
NOMBRE	Setear línea
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Conductor
DESCRIPCIÓN	El conductor podrá establecer la línea del colectivo según corresponda. Esto favorece a la portabilidad del dispositivo, permitiendo usar un mismo hardware de rastreo en diferentes colectivos.
DISPARADOR	Un colectivo es re-asignado a otra línea, o un hardware de rastreo se cambia de colectivo.
PRE CONDICIÓN	Se debe conocer en qué línea el colectivo va a trabajar.
POST CONDICIÓN	La línea establecida se almacena en la memoria EEPROM del MCU.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El conductor presiona la tecla "Establecer línea". 2. El conductor ingresa el código de línea mediante un teclado. 3. El sistema almacena el código de línea en memoria. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Baja, generalmente un hardware de rastreo permanece en el mismo colectivo durante mucho tiempo.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



16.2.2 Frontend

#	CU06
NOMBRE	Mostrar ubicación de colectivos en mapa
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario final
DESCRIPCIÓN	El sistema muestra el recorrido de una determinada línea sobre un mapa digital, y por encima puntos indicando la ubicación exacta y en tiempo real de los distintos colectivos de esa línea.
DISPARADOR	El usuario desea ver, gráficamente, donde se encuentran situados los colectivos de una determinada línea.
PRE CONDICIÓN	Se debe ingresar el código de línea.
POST CONDICIÓN	Se mostrará, en un mapa digital, la posición en tiempo real de los colectivos de la línea seleccionada.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una línea. 2. El sistema solicita al Web Service las últimas coordenadas los colectivos de la línea seleccionada. 3. El Web Service devuelve los datos de geolocalización solicitados, y estos se renderizan en un mapa digital. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU13 (Consultar Web Service)
FRECUENCIA DE USO	Alta, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU07
NOMBRE	Consultar tiempo de espera
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común
DESCRIPCIÓN	El usuario puede consultar el tiempo estimado antes que el próximo colectivo de una determinada línea pase por la parada especificada.
DISPARADOR	Un usuario desea conocer cuánto falta para que el próximo colectivo de una línea pase por una determinada parada.
PRE CONDICIÓN	Se necesita conocer el código de línea y de parada.
POST CONDICIÓN	Se retornará una estimación del tiempo de espera.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una línea. 2. El usuario selecciona una parada de la línea ya elegida. 3. El Frontend envía estos datos al Web Service. 4. El Web Service realiza el cálculo y devuelve al Frontend una estimación del tiempo de espera. 5. El Frontend le muestra esta estimación al usuario. 6. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU13 (Consultar Web Service)
FRECUENCIA DE USO	Alta, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	No es necesario validar la entrada del usuario, ya que el Frontend muestra listas desplegables con datos válidos precargados. El usuario final solamente tiene que elegir una de las opciones disponibles.



#	CU08
NOMBRE	Mostrar recorridos y paradas en mapa
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común
DESCRIPCIÓN	El usuario podrá ver los recorridos de las distintas líneas, así como también todas las paradas por línea.
DISPARADOR	Un usuario desea ver los recorridos de las distintas líneas o explorar las paradas para cada una de estas líneas.
PRE CONDICIÓN	N/A
POST CONDICIÓN	Se retornará un mapa digital con el recorrido dibujado sobre él, así como también todas las paradas marcadas en el mapa.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una línea. 2. El Frontend le pide al Web Service el esquema del recorrido y el listado de paradas para esa línea. 3. El sistema muestra el recorrido graficado sobre un mapa digital, y todas las paradas marcadas sobre el recorrido. 4. Fin del caso de uso
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU13 (Consultar Web Service)
FRECUENCIA DE USO	Alta, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU09
NOMBRE	Mostrar horarios estáticos
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común
DESCRIPCIÓN	Consultar los horarios estáticos (predefinidos) de colectivo, filtrando por número de línea y código de parada.
DISPARADOR	El usuario desea conocer los horarios estáticos (predefinidos) para una determinada combinación de línea y parada.
PRE CONDICIÓN	Se debe ingresar la línea en la que el usuario está interesado y el código de parada.
POST CONDICIÓN	Se dará un listado de todos los horarios para la línea seleccionada, discriminados según las distintas paradas.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una línea. 2. El usuario selecciona una parada de la línea elegida. 3. El sistema recibe los datos y realiza la consulta correspondiente al Web Service. 4. El Web Service devuelve los horarios estáticos solicitados. 5. El Frontend muestra los resultados a la consulta. 6. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	CU13 (Consultar Web Service)
FRECUENCIA DE USO	Alta, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU10
NOMBRE	Descargar App Android
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común
DESCRIPCIÓN	El sistema permite a los usuarios finales del sistema descargar la aplicación <i>infoBus</i> para dispositivos Android.
DISPARADOR	El usuario desea instalar la aplicación móvil en su dispositivo Android.
PRE CONDICIÓN	El usuario debe disponer de un dispositivo Android y una conexión a Internet (WiFi / 4G / 3G).
POST CONDICIÓN	Se descargará e instalará automáticamente un archivo con la extensión <i>.apk</i> a través de la aplicación <i>Google Play</i> .
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa a la sección de descarga de la aplicación móvil para dispositivos Android. 2. El sistema redirecciona al usuario al sitio web para descargar la aplicación en <i>Google Play</i>. 3. El usuario confirma que desea descargar e instalar la aplicación. 4. La aplicación se instala automáticamente y está lista para ser usada. 5. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Alta ni bien se pone en funcionamiento el sistema, dependiendo de la cantidad de usuarios finales del sistema. Con el tiempo, la frecuencia de ejecución de este caso de uso disminuirá considerablemente.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU11
NOMBRE	Dejar comentarios
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común
DESCRIPCIÓN	El usuario podrá escribir consultas y/o comentarios tanto sobre el funcionamiento del sistema <i>infoBus</i> como sobre la calidad del servicio de transporte urbano.
DISPARADOR	El usuario desea dejar un comentario o hacer una consulta.
PRE CONDICIÓN	El usuario debe tener una cuenta de mail para poder recibir una respuesta.
POST CONDICIÓN	Los administradores del sistema recibirán la consulta / comentario.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa su nombre, dirección de email y su mensaje. 2. El sistema registra la consulta. 3. Fin del caso de uso
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Media.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU12
NOMBRE	Configurar preferencias
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario común de aplicación Android
DESCRIPCIÓN	El sistema tendrá una sección para configurar distintos parámetros de la aplicación. Por ejemplo, el usuario puede elegir centrar el mapa en su ubicación actual (siempre y cuando tenga GPS activado), el nivel de zoom predeterminado en los mapas, el tipo de mapa (<i>ROADMAP</i> , <i>SATELLITE</i> , <i>HYBRID</i> , <i>TERRAIN</i>) o incluso configurar alarmas personalizadas para que la aplicación emita una alerta cuando un colectivo de una línea determinada esté en las inmediaciones del usuario.
DISPARADOR	El usuario desea cambiar la configuración de la aplicación <i>infoBus</i> en su Smartphone / Tablet.
PRE CONDICIÓN	Debe tener descargada la aplicación en su teléfono.
POST CONDICIÓN	La aplicación refleja los cambios que hizo el usuario.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario entra en la sección de preferencias de la aplicación. 2. El usuario cambia alguna de las configuraciones disponibles. 3. Fin del caso de uso
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	N/A
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Baja, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema que hayan descargado la aplicación Android.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU13
NOMBRE	Consultar Web Service
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Frontend (aplicaciones web desktop, web mobile, Android)
DESCRIPCIÓN	Cualquiera de las interfaces de usuario se conecta con el Web Service para solicitar datos del estado del sistema de transporte urbano en un momento determinado. El Web Service es capaz de responder con la ubicación exacta de los colectivos de una línea determinada, y con una estimación del tiempo de espera antes que el próximo colectivo de una línea pase por una parada.
DISPARADOR	<ul style="list-style-type: none"> • CU06 (Mostrar ubicación de colectivos en mapa) • CU07 (Consultar tiempo de espera) • CU08 (Mostrar recorridos y paradas en mapa) • CU09 (Mostrar horarios estáticos)
PRE CONDICIÓN	El Web Service está funcionando ("up and running").
POST CONDICIÓN	Transferencia de información entre los servidores y la aplicación.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar estado del Web Service. 2. Enviar petición al servidor con el recurso determinado. 3. Obtener devolución de información. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si el Web Service no está funcionando, la aplicación mostrará un mensaje de error.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Alta, va a depender de la cantidad de usuarios finales del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



16.2.3 Backend

#	CU14, CU15, CU16, CU17, CU18, CU19
NOMBRE	Administrar (ABM) Colectivos / Paradas / Líneas / Recorridos / Horarios Estáticos / Usuarios administradores
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario administrador
DESCRIPCIÓN	El caso de uso permite crear, borrar y modificar información sobre los colectivos / paradas / líneas / recorridos y horarios estáticos registrados en el sistema.
DISPARADOR	Puede dispararse en el primer uso del sistema, o cuando ocurran cambios una vez que el sistema ya esté funcionando.
PRE CONDICIÓN	Para la creación de una nueva entidad, ésta no debe existir en el sistema. Para la modificación de una entidad ya existente, ésta debe estar registrada en el sistema. De la misma forma, para eliminar una entidad ésta debe existir previamente. Por último, el usuario administrador debe estar logueado en el sistema utilizando su usuario y contraseña.
POST CONDICIÓN	En el caso que se haya realizado un Alta, la nueva entidad se habrá almacenado en la base de datos. De igual modo, y para los casos de Baja y Modificación, estos cambios se verán reflejados en la base de datos del sistema.
FLUJO PRINCIPAL	<p>Proceso de Altas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El administrador deberá ingresar al sistema con su nombre de usuario y contraseña. 2. Ir a la opción correspondiente para dar de alta a una nueva entidad. 3. Se deberán ingresar los datos solicitados en el formulario. 4. Una vez que el formulario esté completo, se deberá hacer click en el botón "Guardar". 5. El sistema validará los datos ingresados. 6. Los datos se almacenarán en la base de datos del sistema. 7. Fin del caso de uso. <p>Proceso de Bajas:</p> <ol style="list-style-type: none"> 8. El administrador deberá ingresar al sistema con su nombre de usuario y contraseña 9. Ir a la opción correspondiente para dar de baja a una entidad existente.



	10. La entidad seleccionada se elimina de la base de datos. 11. Fin del caso de uso.
	<u>Proceso de Modificaciones:</u> 1. El administrador deberá ingresar al sistema con su nombre de usuario y contraseña. 2. Ir a la opción correspondiente para modificar una entidad ya existente. 3. El sistema traerá los datos de la entidad seleccionada. 4. Se modificarán los datos según corresponda. 5. Se validarán los datos ingresados. 6. Los cambios realizados se guardan en la base de datos. 7. Fin del caso de uso
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	<u>Proceso de Altas:</u> Si los datos ingresados son inválidos, el alta no se completará y el usuario recibirá un mensaje de error. <u>Proceso de Bajas:</u> Si la entidad que se quiere eliminar no existe, la baja no se completará y el usuario recibirá un mensaje de error. <u>Proceso de Modificaciones:</u> Si la entidad que se quiere editar no existe, la modificación no se completará y el usuario recibirá un mensaje de error. De la misma forma que sucede con el proceso de Altas, si los datos ingresados son inválidos, la modificación no se llevará a cabo y el sistema arrojará un mensaje de error.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Alta en las primeras semanas de puesta en marcha del sistema, muy baja a partir de que el sistema está funcionando de forma estable.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU20
NOMBRE	Login de usuarios administradores
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario administrador
DESCRIPCIÓN	El administrador deberá autenticarse ingresando un nombre de usuario y contraseña. El sistema validará si los datos ingresados son correctos y, dependiendo del resultado del proceso de autenticación, permitirá o rechazará el acceso al panel de control.
DISPARADOR	El administrador del sistema desea entrar al panel de control para realizar cambios en la configuración del mismo o para ver estadísticas.
PRE CONDICIÓN	El administrador conoce su nombre de usuario y contraseña.
POST CONDICIÓN	Una vez autenticado, el usuario puede modificar las configuraciones del sistema.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa al sitio web del panel de control. 2. El usuario indica su nombre de usuario y contraseña. 3. Los datos se envían de forma segura al servidor. 4. El sistema verifica la validez de los datos ingresados. 5. El usuario recibe un mensaje de confirmación. 6. Fin del caso de uso
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si los datos ingresados son incorrectos el usuario recibe un mensaje de error y vuelve al paso 2.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Media, va a depender de la cantidad de veces que el administrador desee hacer cambios en el sistema o consultar estadísticas de funcionamiento del mismo.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	Solo existe un solo <i>superusuario</i> , es decir, un usuario con permisos para crear más usuarios administradores.



#	CU21
NOMBRE	Ver estadísticas de acceso al sistema
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario administrador
DESCRIPCIÓN	El administrador ingresa al panel de control para ver estadísticas de uso del sistema, es decir, un detalle de la cantidad de usuarios que utilizaron el sistema en el último tiempo. Las estadísticas incluyen tendencias (aumento o disminución de la cantidad de usuarios activos en un determinado período de tiempo) y reportes gráficos.
DISPARADOR	El administrador del sistema desea entrar al panel de control para consultar las estadísticas de uso del sistema.
PRE CONDICIÓN	El administrador conoce su nombre de usuario y contraseña.
POST CONDICIÓN	Una vez autenticado, el usuario puede conocer las estadísticas y descargar/imprimir aquellos reportes que le resulten de interés.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa al sitio web del panel de control. 2. El usuario inicia sesión en el sistema (ver CU20). 3. El usuario accede a la sección de estadísticas y reportes. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si los datos ingresados durante el inicio de sesión son incorrectos el usuario recibe un mensaje de error y vuelve al paso 2.
INCLUDES	CU20 (Login de usuarios administradores)
FRECUENCIA DE USO	Media, va a depender de la cantidad de veces que el administrador desee consultar las estadísticas de funcionamiento del sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU22
NOMBRE	Ver estadísticas de transporte
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Usuario administrador
DESCRIPCIÓN	El administrador ingresa al panel de control para ver estadísticas del sistema de transporte urbano. Esto incluye reportes como demoras promedio de cada línea, horarios en los cuales la demora en un determinado recorrido es mayor, entre otros.
DISPARADOR	El administrador del sistema desea entrar al panel de control para consultar las estadísticas de transporte.
PRE CONDICIÓN	El administrador conoce su nombre de usuario y contraseña.
POST CONDICIÓN	Una vez autenticado, el usuario puede conocer las estadísticas y descargar/imprimir aquellos reportes que le resulten de interés.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario ingresa al sitio web del panel de control. 2. El usuario inicia sesión en el sistema (ver CU20). 3. El usuario accede a la sección de estadísticas y reportes. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si los datos ingresados durante el inicio de sesión son incorrectos el usuario recibe un mensaje de error y vuelve al paso 2.
INCLUDES	CU20 (Login de usuarios administradores)
FRECUENCIA DE USO	Media, va a depender de la cantidad de veces que el administrador desee consultar las estadísticas de transporte.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



16.2.4 Web Service

#	CU23
NOMBRE	Guardar datos enviados por el Hardware
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Web Service
DESCRIPCIÓN	El hardware de rastreo se conecta a Internet y envía al servidor las coordenadas de un colectivo determinado de forma continua cada 10 segundos (ver CU03). El Web Service es el encargado de recibir, procesar y almacenar estos datos.
DISPARADOR	El Web Service recibe un <i>HTTP POST Request</i> proveniente de un hardware de rastreo reconocido y válido.
PRE CONDICIÓN	El hardware de rastreo se autentica contra el Web Service mediante un clave de identificación única.
POST CONDICIÓN	Los datos enviados por el hardware de rastreo se guardan en la base de datos del sistema.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El hardware envía un mensaje HTTP con los datos de geolocalización registrados en un instante determinado. 2. Si el código de identificación es válido, se guardan los datos. 3. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si el código de verificación es inválido, el Web Service simplemente rechaza el mensaje HTTP recibido.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Muy alta, se ejecuta cada diez segundos por cada uno de los colectivos dados de alta en el sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



#	CU24
NOMBRE	Calcular tiempo de espera
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Web Service
DESCRIPCIÓN	El Web Service realiza los cálculos necesarios para determinar el tiempo estimado restante antes que el próximo colectivo de una determinada línea pase por la parada especificada por el usuario. El resultado es el promedio ponderado con los datos históricos registrados en el sistema.
DISPARADOR	CU07 (Consultar tiempo de espera)
PRE CONDICIÓN	La hora actual, el número de línea y el código de parada son datos de entrada indispensables para poder realizar el cálculo.
POST CONDICIÓN	Estimación del tiempo de espera.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Web Service recibe una solicitud para calcular el tiempo de espera, junto con los parámetros: #Línea, #Parada, Hora. 2. El Web Service realiza el cálculo correspondiente mediante el promedio ponderado de los datos históricos registrados. 3. El Web Service devuelve el dato solicitado como un objeto JSON. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si no se pasan los parámetros requeridos, el Web Service devuelve un error.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Alta, dependiendo de la cantidad de usuarios que usen el sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	El cálculo lo lleva a cabo un <i>Stored Procedure</i> .



#	CU25
NOMBRE	Responder a consulta del Frontend
CREADO POR	ES, MG, FK
ACTORES	Web Service
DESCRIPCIÓN	El Web Service recibe una consulta del Frontend. Las consultas pueden ser del tipo: "Coordenadas de todos los colectivos de una determinada línea", "Recorrido de una determinada línea", "Listado de paradas de una determinada línea" o "Horarios estáticos de una determinada línea".
DISPARADOR	CU13 (Consultar Web Service)
PRE CONDICIÓN	Tipo de consulta / Datos requeridos.
POST CONDICIÓN	Respuesta a la consulta en formato JSON.
FLUJO PRINCIPAL	<ol style="list-style-type: none"> 1. El Web Service recibe una solicitud del Frontend, junto con los parámetros necesarios. 2. El Web Service busca los datos requeridos en la base de datos. 3. El Web Service devuelve el dato solicitado como un objeto JSON. 4. Fin del caso de uso.
FLUJO SECUNDARIO	N/A
EXCEPCIONES	Si no se pasan los parámetros requeridos, el Web Service devuelve un error.
INCLUDES	N/A
FRECUENCIA DE USO	Alta, dependiendo de la cantidad de usuarios que usen el sistema.
REQUERIMIENTOS ESPECIALES	N/A
NOTAS	N/A



16.3 TRAZABILIDAD ENTRE REQUERIMIENTOS Y CASOS DE USO

Todo proyecto debe poder mantener una trazabilidad bidireccional entre los requerimientos del sistema y los distintos componentes que intervienen en todas las etapas del desarrollo (casos de uso, componentes de arquitectura, componentes de diseño, *releases*, tareas del cronograma, casos de prueba, etc.). Este mecanismo de trazabilidad permite determinar si todos y cada uno de los requerimientos del sistema han sido resueltos adecuadamente dentro de la solución propuesta. También permite controlar que toda la funcionalidad del sistema actual posee efectivamente un requerimiento inicial que le dio origen. De esta manera, el mantenimiento de la trazabilidad durante la vida de un proyecto tiende a garantizar el desarrollo de una solución compacta, donde no falte ni sobre nada que no esté debidamente identificado por el equipo del proyecto. Por otro lado, también es una herramienta útil a la hora de **evaluar el impacto de diferentes pedidos de cambio sobre los requerimientos que van surgiendo** en el proyecto. Es decir, ante un cambio en los requerimientos, se busca determinar correctamente como se verán afectados los tiempos y costos del proyecto a partir de la magnitud del impacto en la arquitectura de la solución, el diseño de los componentes, las tareas asignadas, etc.

A continuación se presenta la **Matriz de Incidencia** que ilustra la trazabilidad entre los casos de uso y los requerimientos funcionales del sistema *infoBus*:

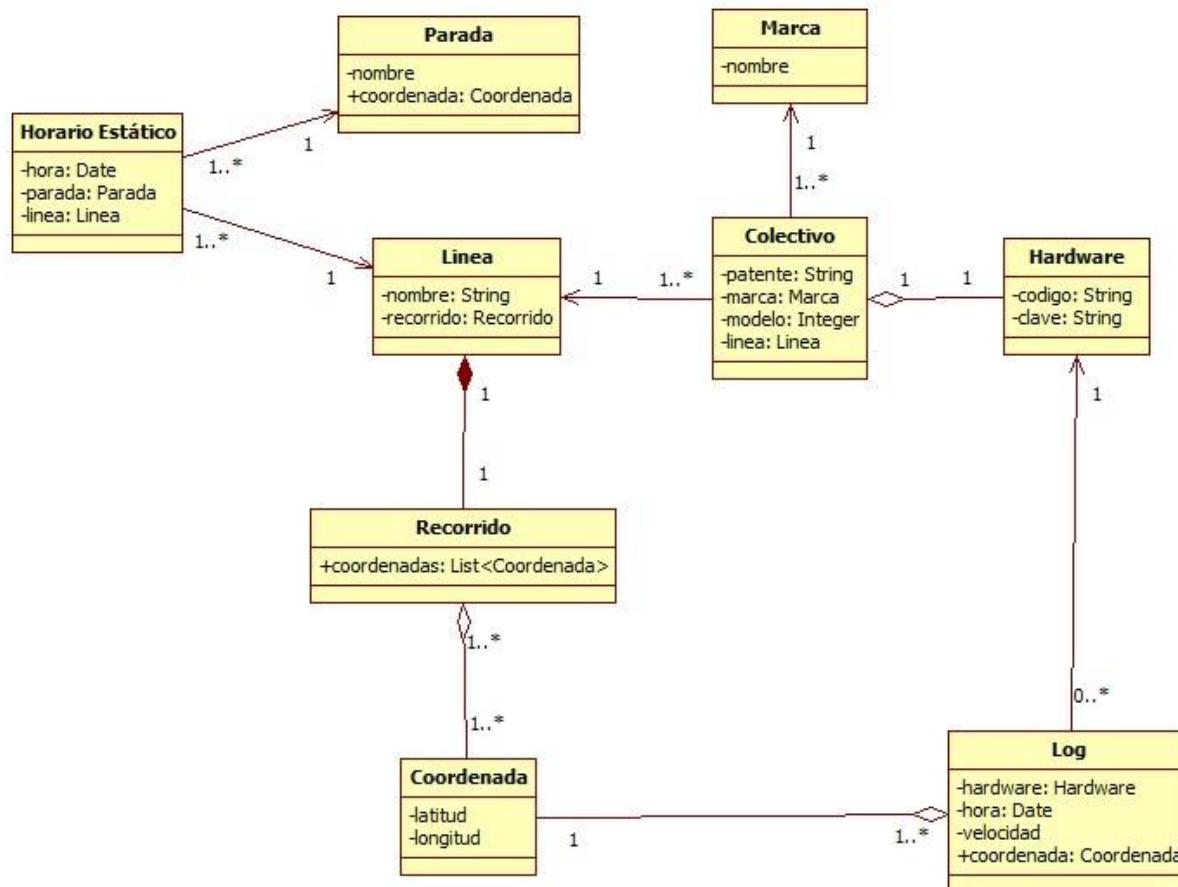
		SISTEMA EMBEBIDO	FRONTEND	BACKEND	WEB SERVICE
	SISTEMA EMBEBIDO	CU01 Extrair datos módulo GPS CU02 Seleccionar trama respuesta CU03 Enviar datos módulo GSM/GPRS CU04 Alertar siniestro CU05 Setear linea	CU06 Mostrar ubicación de colectivos en mapa CU07 Consultar tiempo de espera CU08 Mostrar recorridos y paradas en mapa CU09 Mostrar horarios estáticos CU10 Descargar /App Android CU11 Dejar comentarios CU12 Configurar preferencias CU13 Consultar Web Service	CU14 Administrar Colectivos CU15 Administrador Paradas CU16 Administrador Líneas CU17 Administrador Recorridos CU18 Administrador Horarios Estáticos CU19 Administrador Usuarios CU20 Login de Usuarios CU21 Ver estadísticas de uso del sistema CU22 Ver estadísticas del transporte	CU23 Guardar datos enviados por el hardware CU24 Calcular tiempo de espera CU25 Responder a consulta del Frontend
RF01	Determinar posición del colectivo y enviarla al servidor	X X X	X	X X X X X X X X	X X X
RF02	Setear linea antes de comenzar el recorrido	X			
RF03	Sistema antipánico	X			
FRONTEND			X		
RF04	Mostrar recorridos en mapa digital			X	
RF05	Mostrar mapa con posicion en tiempo real de los colectivos		X		
RF06	Mostrar tiempo de espera hasta que el colectivo pase		X		
RF07	Centrar mapa en ubicacion del usuario			X	
RF08	Modificar nivel de zoom del mapa			X	
RF09	Mostrar horarios estáticos por línea y parada			X	
RF10	Dejar comentarios sobre el funcionamiento del servicio			X	
BACKEND				X X X X X X X X	X X X
RF11	Gestión de todas las entidades del sistema, previa autenticación				
RF12	Ver estadísticas, previa autenticación				
WEB SERVICE					X X X
RF13	Recibir datos del hardware y guardarlos en la base de datos				X
RF14	Procesar datos históricos y calcular tiempo de espera				X
RF15	Devolver datos solicitados por aplicaciones Frontend				X



17 MODELO DE DOMINIO

17.1 DIAGRAMA DE CLASES DE ANÁLISIS

Un diagrama de clases de análisis muestra *clases conceptuales significativas* en el dominio del problema, centrándose en los requisitos funcionales ya definidos. En el diagrama de clases de análisis se definen atributos reconocibles en el dominio del problema para estas clases conceptuales; además, se indican relaciones entre clases detallando su tipo y multiplicidad. En un diagrama de clases de análisis no se incluyen operaciones.





Capítulo 7

Diseño

18 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

La arquitectura de un sistema es el diseño de más alto nivel de su estructura lógica. La arquitectura define, de manera abstracta, los componentes que llevan a cabo alguna tarea de computación, sus interfaces y la comunicación entre ellos. Toda arquitectura debe ser implementable en una arquitectura física, que consiste simplemente en determinar qué computadora / dispositivo móvil / servidor / hardware tendrá asignada cada tarea.

Para definir la arquitectura general del sistema *infoBus* se especificarán las distintas particiones físicas del mismo, así como también la descomposición lógica en subsistemas de diseño. Estos subsistemas de diseño serán partes lógicas coherentes con interfaces claramente definidas, y tienen por objetivo organizar y facilitar el diseño del sistema de información.

Por otro lado, el particionamiento físico se especificará identificando los nodos y las comunicaciones entre ellos, con cierta independencia de la infraestructura tecnológica que da soporte a cada uno. Por último, se especificará cuál es la ubicación de cada subsistema en cada partición.

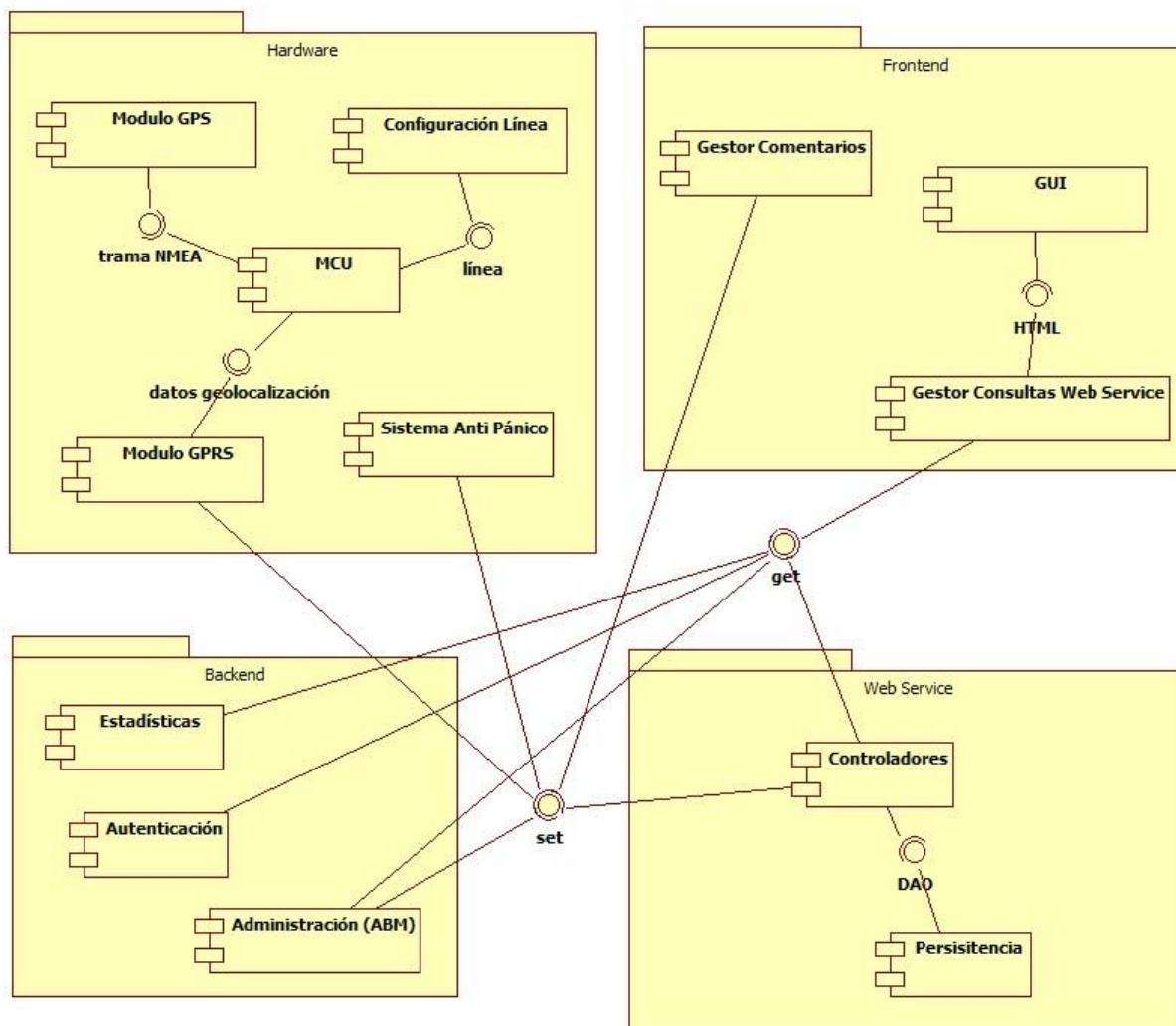


19 MODELO DE DISEÑO

19.1 DIAGRAMA DE COMPONENTES

Un diagrama de componentes ilustra las piezas que conformarán un sistema con un nivel de abstracción más alto que el de un diagrama de clases. Un diagrama de componentes permite visualizar con más facilidad la estructura general del sistema y el comportamiento del servicio que estos componentes proporcionan y utilizan a través de las interfaces.

El diagrama a continuación ilustra los principales componentes del sistema *infoBus*, así como también las interfaces definidas para permitir la comunicación entre éstos.





19.2 DIAGRAMAS DE SECUENCIA

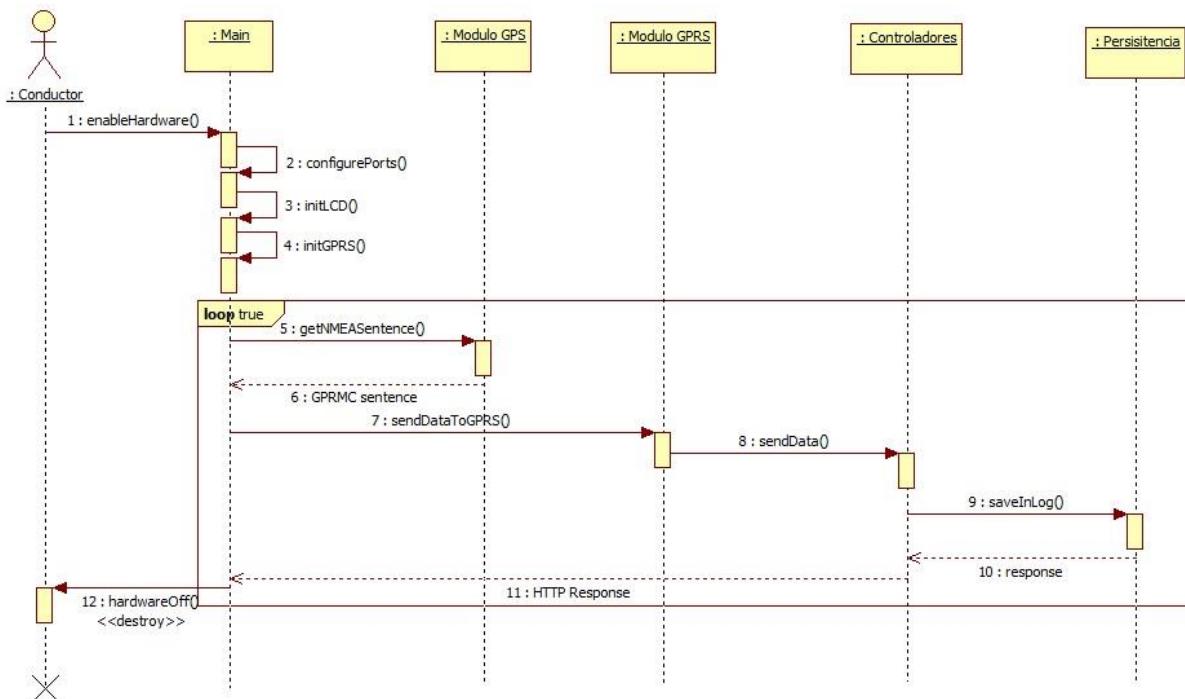
Un diagrama de secuencia es una forma de diagrama de interacción que muestra los objetos como líneas de vida a lo largo de la página y con sus interacciones en el tiempo representadas como mensajes dibujados como flechas desde la línea de vida origen hasta la línea de vida destino. Aunque no están pensados para mostrar lógicas de procedimientos complejos, los diagramas de secuencia son buenos para mostrar qué objetos se comunican con qué otros objetos y qué mensajes disparan esas comunicaciones.

A continuación se incluyen algunos de los diagramas de secuencia correspondientes a los procesos más relevantes del sistema *infoBus*. En este documento no se incluyen diagramas de secuencia de procesos triviales, como el de "Altas, Bajas y Modificaciones" (ABM).

19.2.1 Proceso de detección, envío y persistencia de datos de geolocalización

Este diagrama de secuencia se corresponde con los siguientes casos de uso:

- CU01 (*Extraer datos módulo GPS*)
- CU02 (*Seleccionar trama requerida*)
- CU03 (*Enviar datos módulo GSM/GPRS*)
- CU23 (*Guardar datos enviados por el hardware*)

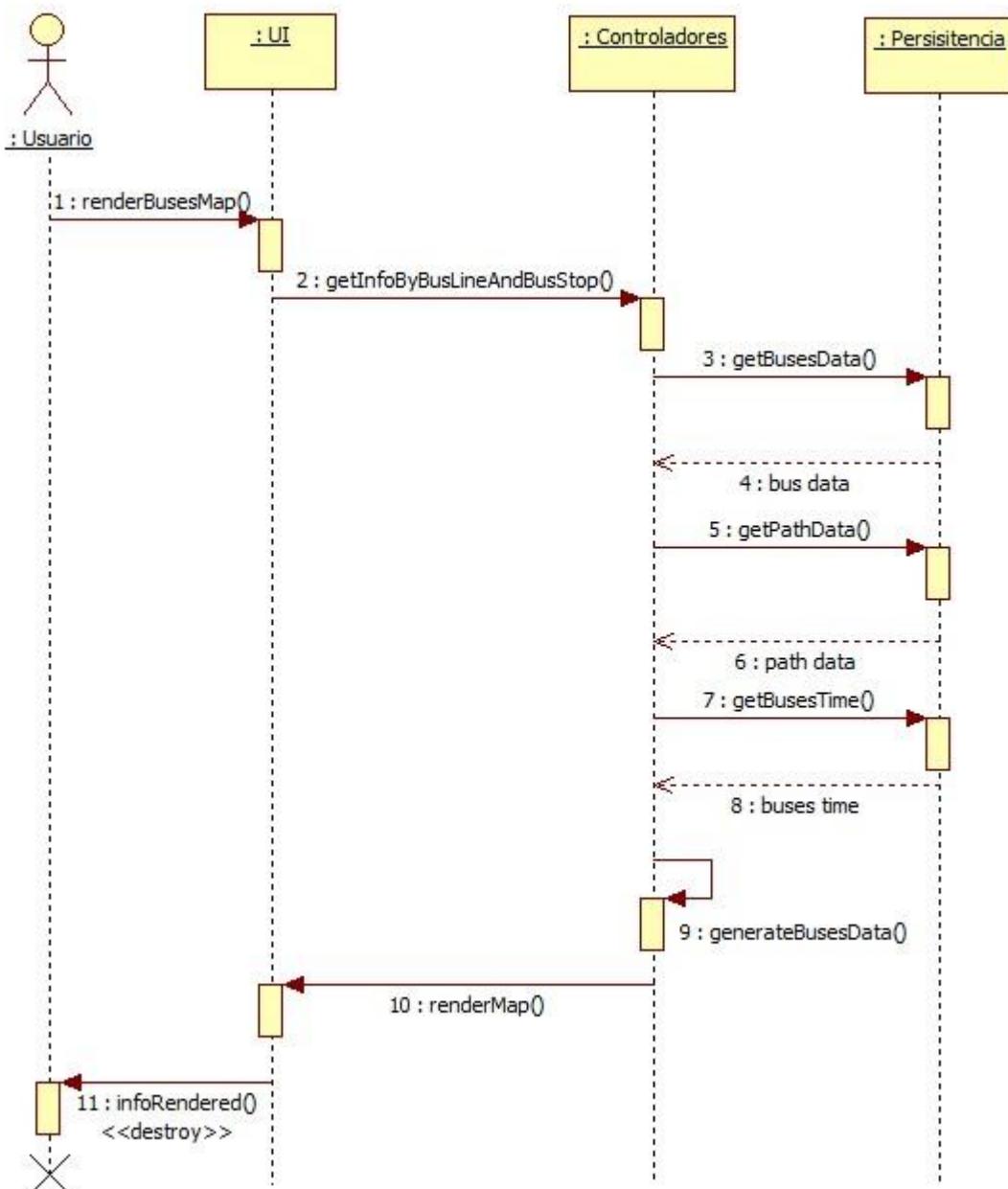




19.2.2 Proceso de visualización de posición de colectivos en tiempo real y cálculo de tiempo de espera estimado hasta que pase por una determinada parada

Este diagrama de secuencia corresponde a la conjunción de los siguientes casos de uso:

- CU06 (*Mostrar ubicación de colectivos en mapa*)
- CU07 (*Consultar tiempo de espera*)
- CU24 (*Calcular tiempo de espera*)
- CU25 (*Responder a consulta del Frontend*)

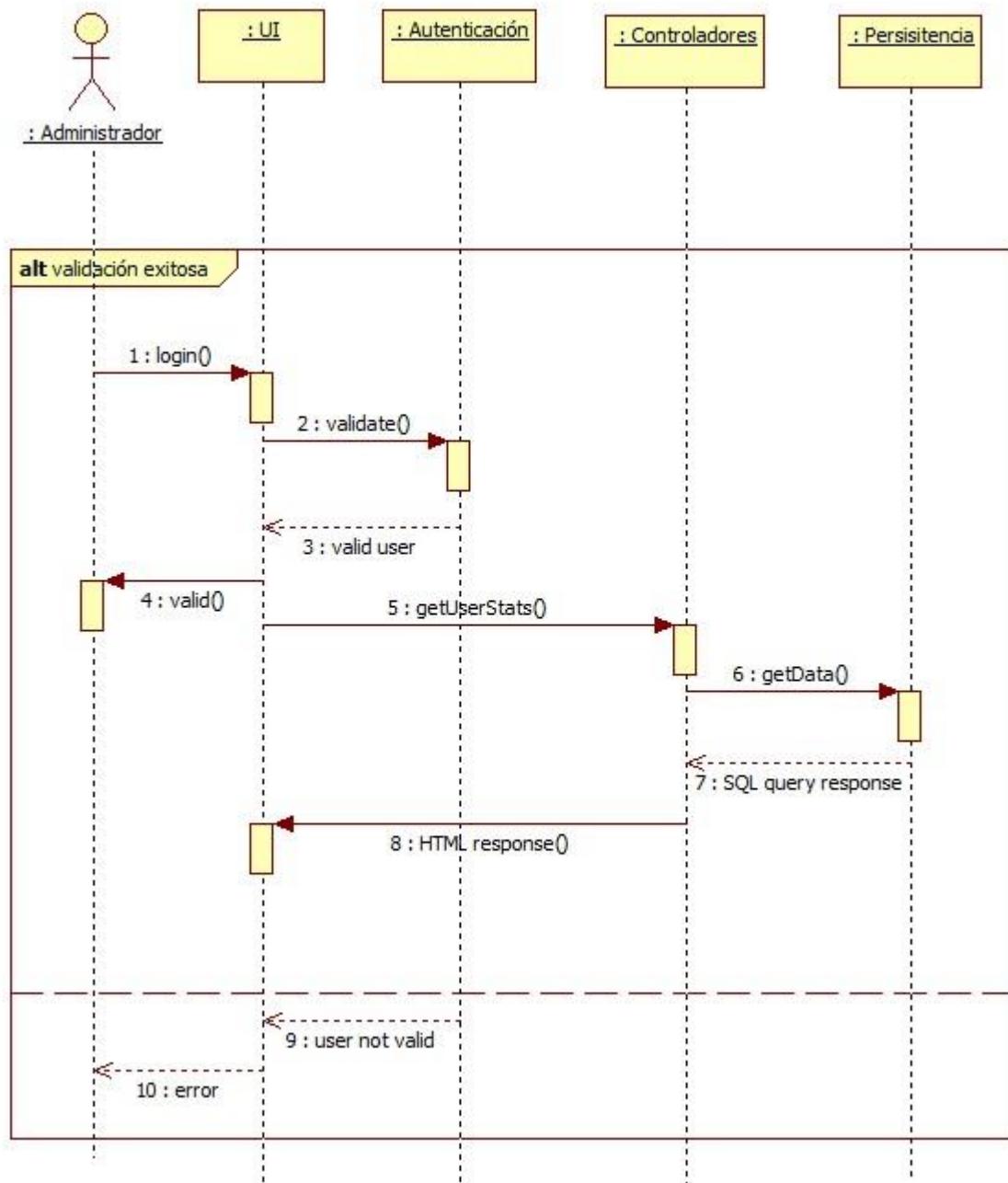




19.2.3 Estadísticas de acceso al sistema

Este diagrama de secuencia se corresponde con el caso de uso:

- CU21 (Ver estadísticas de uso del sistema)

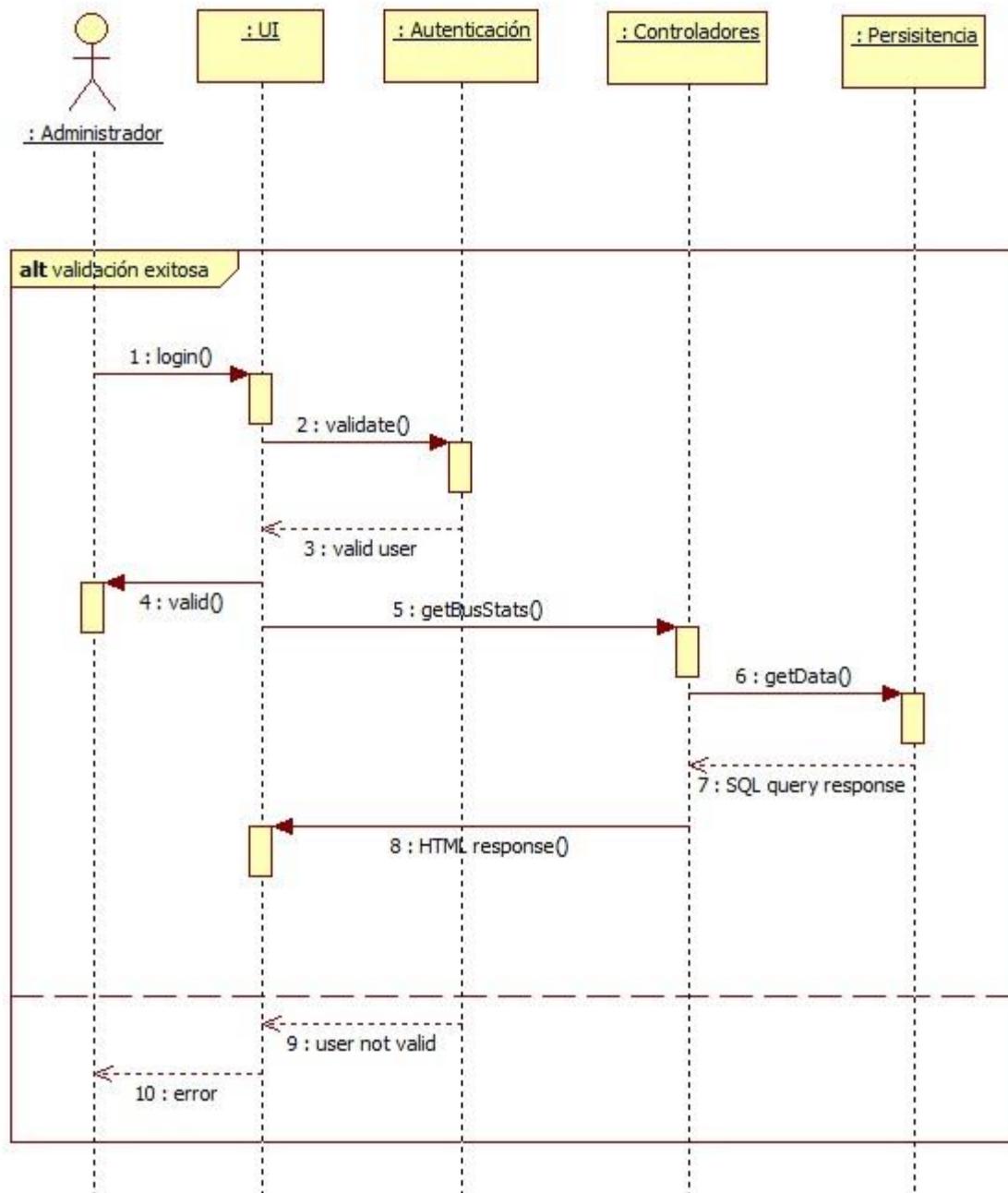




19.2.4 Estadísticas de Funcionamiento del Sistema de Transporte Urbano

Este diagrama de secuencia, similar al anterior, se corresponde con el caso de uso:

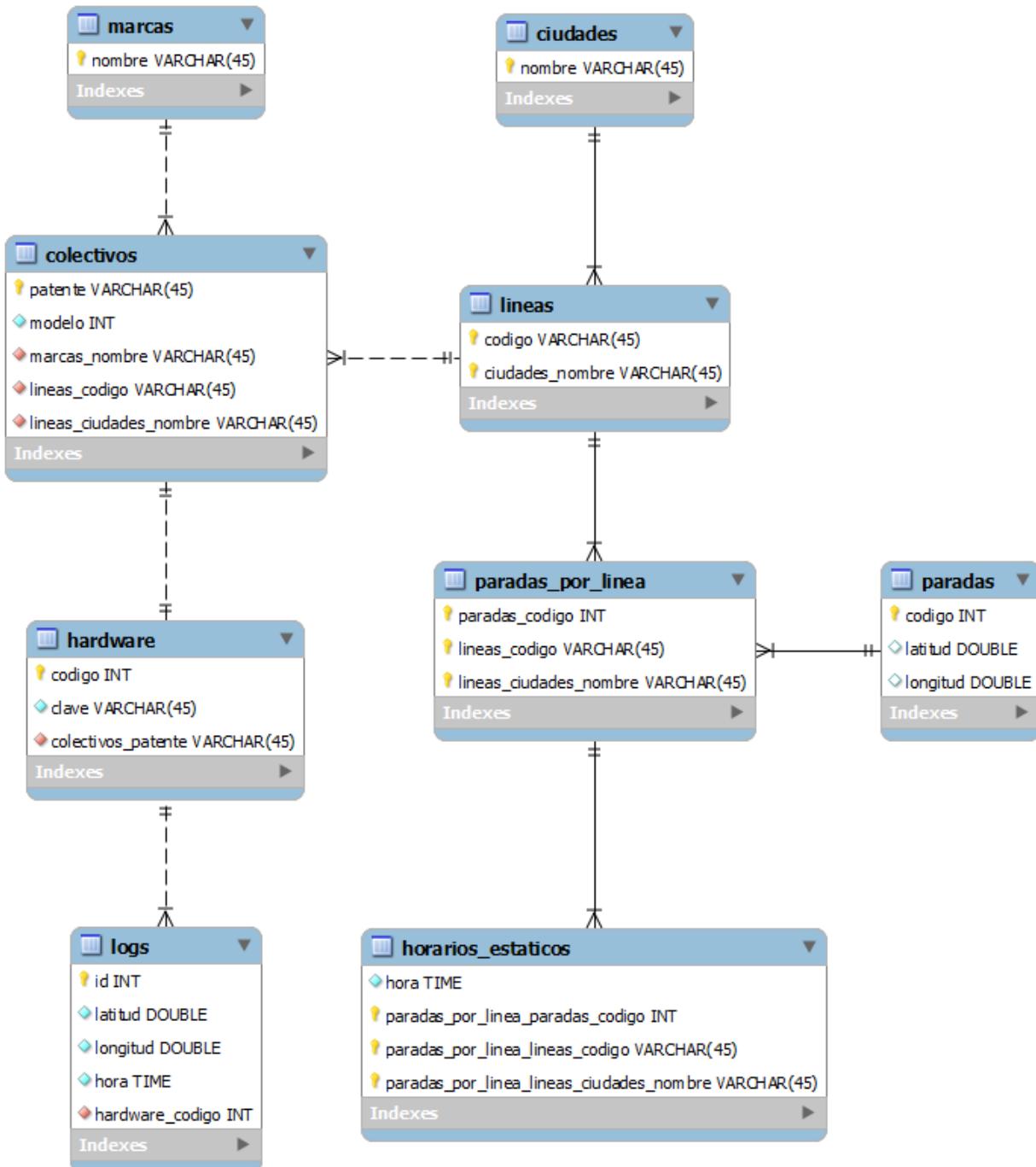
- CU22 (Ver estadísticas de transporte)





20 MODELO DE DATOS

El siguiente es el diagrama Entidad-Relación (DER) del sistema *infoBus*:





21 DISEÑO DE INTERFACES ENTRE COMPONENTES

La arquitectura del sistema *infoBus* consiste en un conjunto de componentes específicos que se ensamblan y comunican entre sí para llevar a cabo la funcionalidad del sistema. Una arquitectura de este tipo favorece la modularidad, reusabilidad y robustez del software.

En las arquitecturas basadas en componentes, las interfaces constituyen el elemento básico de interconectividad. Cada componente debe describir de forma completa las interfaces que ofrece, así como las interfaces que requiere para su operación.

A continuación se muestra una descripción detallada de las interfaces que ofrece y consume el Web Service del sistema *infoBus*:

i01: getBusLocation	
URL	<a href="http://data.colectivos.de/getBusLocation/<Ciudad>/<Línea>">http://data.colectivos.de/getBusLocation/<Ciudad>/<Línea>/
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve un listado con las posiciones de <u>todos</u> los colectivos de una determinada línea en un momento determinado.
TIPO DE INTERFAZ	Proveedor de contenidos (GET)
CASO DE USO ASOCIADO	<ul style="list-style-type: none"> CU06 (Mostrar ubicación de colectivos en mapa) CU13 (Consultar Web Service) CU25 (Responder a consulta del Frontend)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> Código de Ciudad Código de Línea
RESPUESTA	El Web Service devolverá una lista de objetos JSON. Cada objeto representa a un colectivo de la línea, y los datos del objeto serán la latitud y longitud de ese vehículo.
EJEMPLO DE USO	<u>Input:</u> http://data.colectivos.de/getBusLocation/sanfrancisco/A <u>Output:</u> <pre>{"resultados": [{"latitud": "-31.432572", "longitud": "-62.086840"}, {"latitud": "-31.420778", "longitud": "-62.109292"}]}</pre>



i02: getNextBus

URL	<a href="http://data.colectivos.de/getNextBus/<Ciudad>/<Línea>/<Parada>">http://data.colectivos.de/getNextBus/<Ciudad>/<Línea>/<Parada>
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve la ubicación del próximo colectivo de una determinada línea que pasará por la parada especificada, así como también una estimación del tiempo de espera antes que el colectivo llega a esa parada.
TIPO DE INTERFAZ	Proveedor de contenidos (GET)
CASOS DE USO ASOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> • CU07 (Consultar tiempo de espera) • CU13 (Consultar Web Service) • CU25 (Responder a consulta del Frontend)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Código de Ciudad • Código de Línea • Código de Parada
RESPUESTA	El Web Service devolverá una lista con un único objeto JSON. Este objeto representa al colectivo de la línea más cercano a la parada en cuestión, y los datos del objeto serán la latitud y longitud de ese vehículo y una estimación del tiempo de espera antes que pase por la parada.
EJEMPLO DE USO	<p><u>Input:</u> http://data.colectivos.de/getNextBus/sanfrancisco/A/17</p> <p><u>Output:</u> <pre>{"resultados": [{"latitud": "-31.432572", "longitud": "-62.086840", "demora": 506}]}</pre> </p>



i03: getSchedule

URL	<a href="http://data.colectivos.de/getSchedule/<Ciudad>/<Línea>/<Parada>">http://data.colectivos.de/getSchedule/<Ciudad>/<Línea>/<Parada>
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve la lista completa de horarios estáticos para una determinada combinación de línea y parada. Estos horarios son las horas predefinidas a las cuales un colectivo de una línea debería pasar por una parada en particular, aunque esta información puede no reflejar la realidad.
TIPO DE INTERFAZ	Proveedor de contenidos (GET)
CASOS DE USO ASOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> • CU09 (Mostrar horarios estáticos) • CU13 (Consultar Web Service) • CU25 (Responder a consulta del Frontend)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Código de Ciudad • Código de Línea • Código de Parada
RESPUESTA	El Web Service devolverá una lista de objetos JSON. Cada objeto representa a un horario predefinido aproximado en el cual un colectivo de la línea pasa por esa parada.
EJEMPLO DE USO	<p><u>Input:</u> http://data.colectivos.de/getSchedule/sanfrancisco/A/17</p> <p><u>Output:</u> <pre>{"resultados": [{"hora": "19:15"}, {"hora": "19:30"}, {"hora": "19:45"}]}</pre> </p>



i04: getRoute

URL	<a href="http://data.colectivos.de/getRoute/<Ciudad>/<Línea>">http://data.colectivos.de/getRoute/<Ciudad>/<Línea>/
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve la ruta o recorrido de la línea pasada como parámetro en formato KML
TIPO DE INTERFAZ	Proveedor de contenidos (GET)
CASOS DE USO ASOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> • CU08 (Mostrar recorridos y paradas en mapa) • CU13 (Consultar Web Service) • CU25 (Responder a consulta del Frontend)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Código de Ciudad • Código de Línea
RESPUESTA	El Web Service devolverá la codificación JSON del archivo KML solicitado.
EJEMPLO DE USO	<p><u>Input:</u> http://data.colectivos.de/getRoute/sanfrancisco/A</p> <p><u>Output:</u> Codificación JSON del archivo KML. Por razones de espacio físico, la respuesta a este ejemplo no se incluye en esta descripción.</p>



i05: getStops

URL	<a href="http://data.colectivos.de/getStops/<Ciudad>/<Línea>">http://data.colectivos.de/getStops/<Ciudad>/<Línea>/
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve el listado de paradas para una determinada línea.
TIPO DE INTERFAZ	Proveedor de contenidos (GET)
CASOS DE USO ASOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> • CU08 (Mostrar recorridos y paradas en mapa) • CU13 (Consultar Web Service) • CU25 (Responder a consulta del Frontend)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Código de Ciudad • Código de Línea
RESPUESTA	El Web Service devolverá una lista de objetos JSON. Cada objeto representa a una parada de la línea, y los datos de ese objeto son la latitud y longitud de la parada, así como también un código de parada y descripción (la descripción es, generalmente, un texto aclaratorio al estilo de "UTN" o "25 de Mayo esq. Buenos Aires").
EJEMPLO DE USO	<p><u>Input:</u> http://data.colectivos.de/getStops/sanfrancisco/A</p> <p><u>Output:</u> <pre>{"resultados": [{"latitud": "-31.432572", "longitud": "-62.086840", "codigo": "23", "descripción": "Estación Terminal de Ómnibus"}, {"latitud": "-31.420778", "longitud": "-62.109292", "codigo": "25", "descripción": "Plaza Cívica"}]}</pre> </p>



i06: setBusLocation

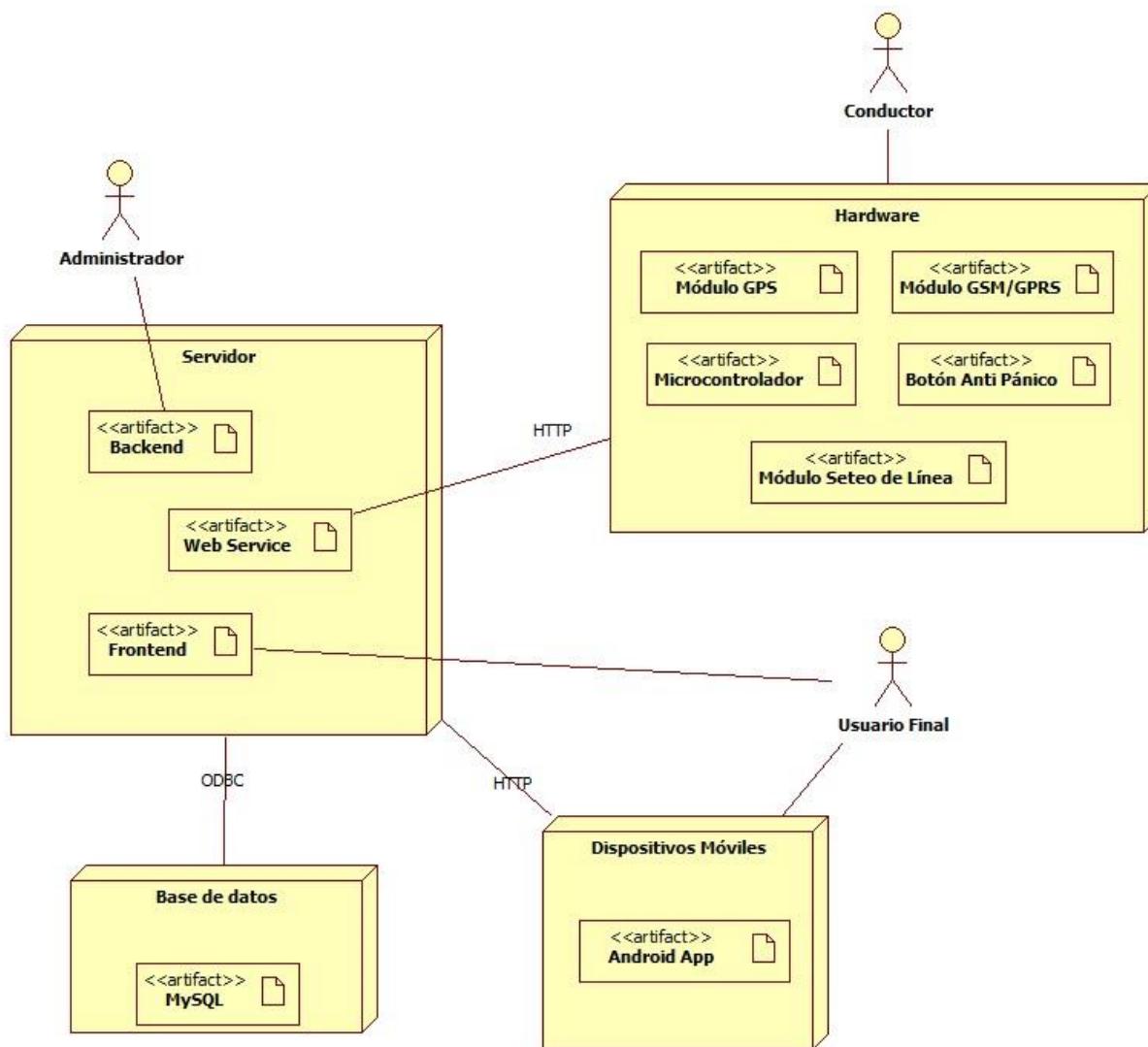
URL	<a href="http://data.colectivos.de/setBusLocation/<Hardware>/<Clave>/<Latitud>/<Longitud>/<Velocidad>/<Hora>">http://data.colectivos.de/setBusLocation/<Hardware>/<Clave>/<Latitud>/<Longitud>/<Velocidad>/<Hora>
DESCRIPCIÓN	Esta interfaz devuelve la ubicación del próximo colectivo de una determinada línea que pasará por la parada especificada, así como también una estimación del tiempo de espera antes que el colectivo llega a esa parada.
TIPO DE INTERFAZ	Consumidor de contenidos (SET)
CASOS DE USO ASOCIADOS	<ul style="list-style-type: none"> • CU03 (Enviar datos módulo GSM/GPRS) • CU23 (Guardar datos enviados por el hardware)
PARÁMETROS REQUERIDOS	<ul style="list-style-type: none"> • Código del Hardware • Clave del Hardware • Latitud • Longitud • Velocidad • Hora
RESPUESTA	El Web Service validará la información enviada y la almacenará en la base de datos.
EJEMPLO DE USO	<p><u>Input:</u> http://data.colectivos.de/setBusLocation/sanfrancisco/165/1ZA48S3/-31.432572/-62.086840/48.39/18.51</p> <p><u>Output:</u> NULL</p>



22 MODELO DE DESPLIEGUE

El modelo físico o de despliegue provee un modelo detallado de la forma en la que los componentes se desplegarán a lo largo de la infraestructura del sistema. Detalla las capacidades de red, las especificaciones del servidor, los requisitos de hardware y otra información relacionada al despliegue del sistema propuesto.

El modelo físico muestra dónde y cómo se desplegarán los componentes. Es un mapa específico de la instalación física del sistema. Un diagrama de despliegue ilustra el despliegue físico del sistema en un ambiente de producción (o prueba). Muestra dónde se ubicarán los componentes, en qué servidores, máquinas o hardware. Puede ilustrar vínculos de red, ancho de banda, etc.





Capítulo 8

Implementación

23 DETALLES DE LA IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se darán detalles de la implementación tanto del software como del hardware, indicando las tecnologías utilizadas en cada caso, así como también frameworks, librerías, APIs y servicios de terceros usados en el desarrollo del proyecto.

23.1 BASE DE DATOS

La base de datos a usarse en el desarrollo del proyecto *infoBus* será **MySQL**. A continuación se darán una serie de motivos que justifican la elección de este motor de base de datos.

En primer lugar, un factor importante es el económico. Al tratarse de un proyecto netamente académico, se trata de utilizar productos OpenSource o productos licenciados libremente por sus fabricantes. En segundo lugar, interesa usar un producto fiable, de buen rendimiento y velocidad, que sea fácil de administrar y que permita realizar conexiones e interactuar con otros productos. Interesa también que sea un producto bien documentado y con amplio soporte, del cual sea fácil obtener información, que cuente con buenas herramientas y librerías existentes, y



para el que incluso sea factible recibir cursos de formación si fuese necesario; un producto que esté siendo utilizado en entornos de producción y que sea lo suficientemente confiable.



Además, resulta deseable que el equipo de desarrollo esté familiarizado y tenga experiencia previa en la base de datos que se elija. MySQL en particular cumple con todos estos requisitos, resultando así una alternativa ideal para este proyecto.

23.2 WEB SERVICE

Un Web Service es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones. Para el proyecto *infoBus*, el Web Service estará desarrollado en **PHP** y se conectará con la base de datos MySQL, y proporcionará **respuestas XML y JSON** a las consultas que se le realicen. El Web Service, junto con la base de datos, estará **corriendo bajo un servidor Linux** contratado especialmente para tal fin. El Web Service estará separado del resto de las aplicaciones, es decir, las aplicaciones Web Desktop / Web Mobile y el panel de control se alojarán en un servidor diferente.

PHP se eligió como lenguaje de programación para el Web Service porque su rendimiento es muy bueno y porque los integrantes del equipo de desarrollo tienen experiencia en esta tecnología. Además, PHP tiene una comunidad muy grande de desarrolladores, existen muchísimos lugares donde se puede encontrar documentación, tutoriales y ejemplos de código.





23.3 PANEL DE CONTROL PARA ADMINISTRADORES (BACKEND)

Al igual que el Web Service, la lógica del panel de control estará implementada íntegramente en PHP, mientras que la interfaz de usuario se maquetará mediante HTML 5 y CSS 3. Además, se usarán frameworks JavaScript para que la interfaz gráfica sea más intuitiva y fácil de usar.



Se usará **CodeIgniter**³, que es un framework **MVC (Model, View, Controller)** para el desarrollo de aplicaciones web con PHP. CodeIgniter se enfoca en agilizar el trabajo de los desarrolladores, evitando que tengan que crear toda la estructura de su proyecto desde cero. Para esto, el framework brinda un conjunto de bibliotecas para tareas comunes y elementales, así como una interfaz simple y una estructura lógica para acceder esas bibliotecas.



³ <http://www.codeigniter.com>



23.4 APPLICACIÓN WEB DESKTOP (FRONTEND)

Las tecnologías a utilizar para desarrollar la aplicación Web Desktop son las mismas que se utilizan para desarrollar el panel de control para administradores.



The image shows the Bootstrap logo, which consists of a dark purple rectangular box with a white border. Inside, the word "Bootstrap" is written in a large, white, sans-serif font. Below it, a smaller white text reads: "Sleek, intuitive, and powerful mobile first front-end framework for faster and easier web development." The background of the box features a faint, light gray topographic map pattern.

Se hará uso del framework para front-ends **Bootstrap⁴**, que es una colección libre de herramientas para maquetar aplicaciones web. Bootstrap provee, además de varios estilos para elementos HTML básicos, una serie componentes de interfaz gráfica tales como *navigation bars*, *dropdowns*, *labels*, *badges*, *pagination links*, *alert boxes*, *progress bars*, entre muchos otros. Por último, el framework incorpora una serie de plugins jQuery adaptados a Bootstrap, por lo que también se dispone de *modals*, *tooltips*, *popovers* y *carousels*.

23.5 APPLICACIÓN WEB MOBILE

Las tecnologías a utilizar para desarrollar la aplicación Web Desktop son las mismas que se utilizan para desarrollar el panel de control para administradores.



Se hará uso de **jQuery Mobile⁵**, que es un framework de desarrollo de sitios web optimizado para dispositivos móviles con pantalla táctil. Básicamente se trata de un conjunto de librerías HTML 5 y JavaScript que proveen ciertas herramientas que facilitan la tarea de crear interfaces

⁴ <http://getbootstrap.com>

⁵ <http://jquerymobile.com>



de usuario muy usables y accesibles. Lo interesante de este framework es que permite desarrollar aplicaciones cuya apariencia será siempre la misma, independientemente del dispositivo desde el que se acceda (siempre y cuando el navegador acepte HTML 5).

23.6 SERVICIO DE MAPAS

Para se usará la API de **Google Maps v3**⁶, que permite insertar mapas de Google en aplicaciones web. La versión 3 de esta API está especialmente diseñada para proporcionar una mayor velocidad, y está orientada tanto a dispositivos móviles como a aplicaciones desktop tradicionales.



La API JavaScript de Google Maps proporciona diversas utilidades para manipular mapas con contenido y marcadores personalizados. La versión 3 de esta API es un servicio gratuito disponible para cualquier aplicación web que sea gratuita para el consumidor.

23.7 APPLICACIÓN ANDROID

Android es un sistema operativo basado en Linux diseñado principalmente para dispositivos móviles (smartphones o tablets) con pantalla táctil. Fue desarrollado inicialmente por Android Inc., una firma comprada por Google en 2005.

La aplicación para dispositivos Android se desarrolló usando el **SDK de Android**⁷, que provee de todas las librerías y herramientas necesarias a la hora de construir, probar y depurar aplicaciones para Android. El SDK de Android proporciona también un emulador de teléfono, así como documentación y tutoriales con ejemplos muy útiles. Las plataformas de desarrollo soportadas por Android SDK incluyen cualquier distribución moderna de Linux, Mac OS X 10.4.9 o posterior, y Windows XP o posterior. El IDE que se usará es **Android Studio**⁸, que es un entorno de desarrollo oficial desarrollado por Google basado en IntelliJ IDEA.



⁶ <https://developers.google.com/maps/>

⁷ <http://developer.android.com/sdk/>

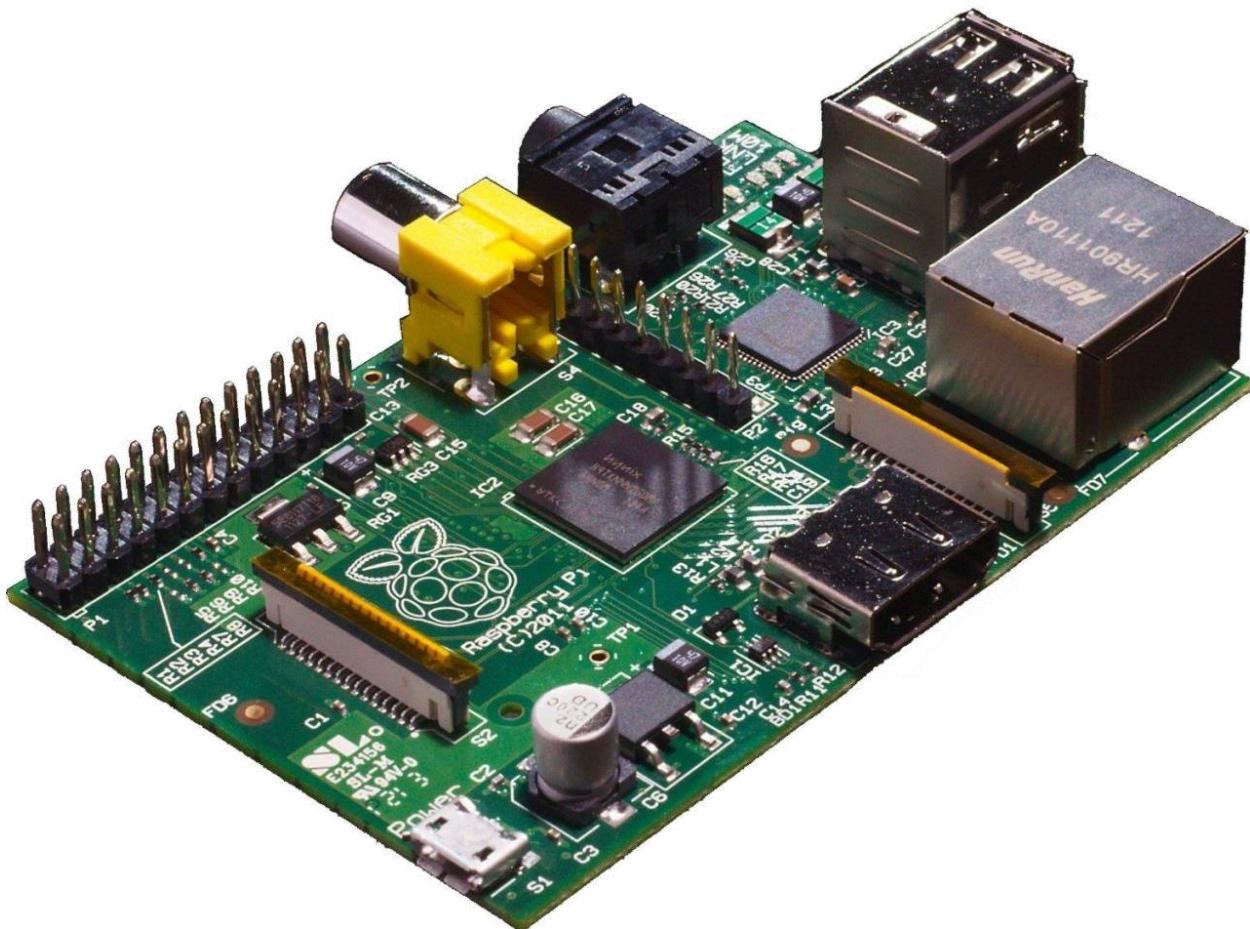
⁸ <http://developer.android.com/sdk/installing/studio.html>



23.8 APLICACIÓN PARA TV

La aplicación que se verá en el monitor ubicado en algunas de las paradas correrá sobre la placa **Raspberry Pi**, que es una *single-board computer*⁹ de bajo costo desarrollada en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi¹⁰ con el aval de la Universidad de Cambridge, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas del mundo entero.

El diseño incluye un *system-on-a-chip* Broadcom BCM2835, que contiene un procesador central (CPU) ARM1176JZF-S @ 700 MHz (overclocking hasta 1 GHz sin perder la garantía), un procesador gráfico (GPU) VideoCore IV y 512 MB de memoria RAM.



La placa no incluye un disco duro o una unidad de estado sólido, ya que usa una tarjeta SD para el almacenamiento permanente; tampoco incluye fuente de alimentación o carcasa. El modelo A se vende a USD 25, mientras que el precio del modelo B es de USD 35, siendo este último el

⁹ http://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_computer

¹⁰ <http://www.raspberrypi.org>

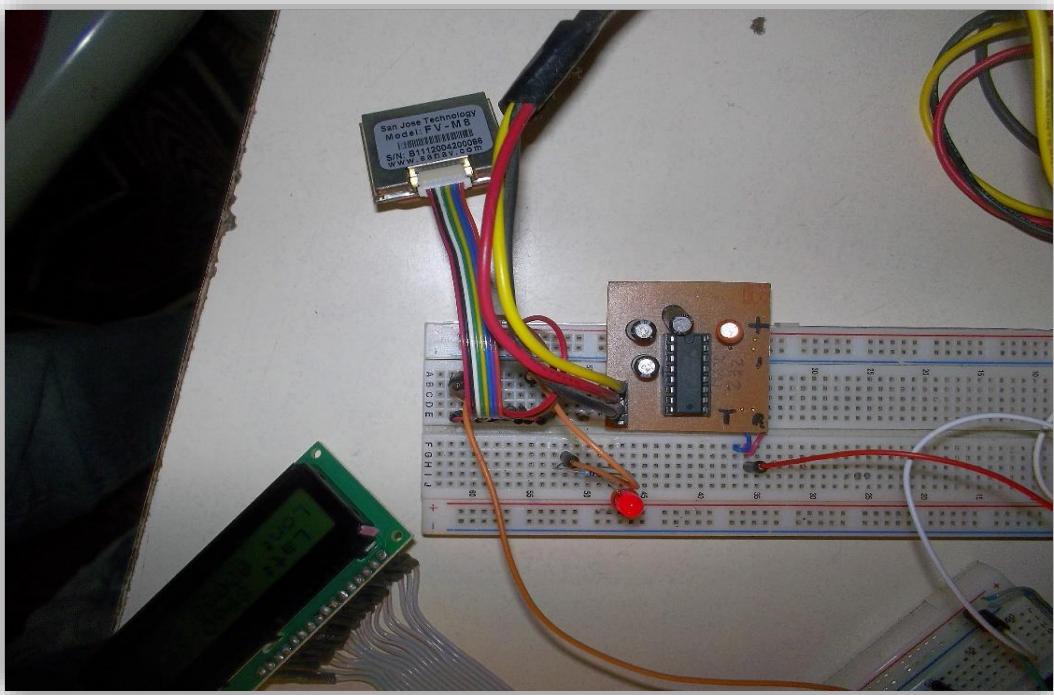
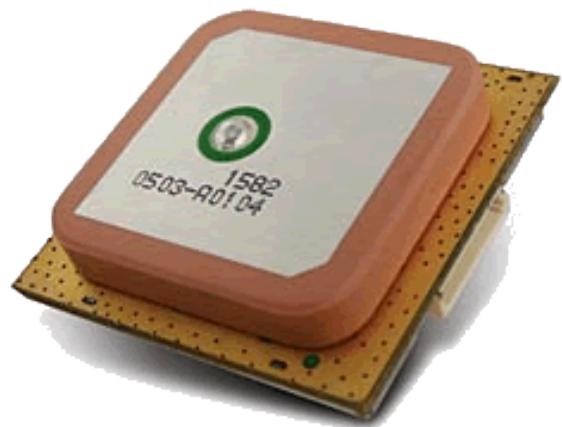


que se usará en el sistema *infoBus*. Para este proyecto, además, la placa correrá bajo sistema operativo **Raspbian**¹¹, una adaptación de la famosa distribución de Linux *Debian* para Raspberry Pi. La conexión al monitor se realizará por cable HDMI o RCA, dependiendo de la disponibilidad de puertos del televisor a ser utilizado, y se conectará a Internet mediante un dongle WiFi USB.

23.9 HARDWARE

23.9.1 Módulo GPS FV-M8

Este módulo es un receptor GPS con antena integrada. Es adecuado para sistemas en que características como el rendimiento, sensibilidad, consumo de energía y el tamaño son muy importantes. A continuación se presenta un resumen de la información más relevante incluida en el *datasheet*¹² y en el manual de usuario¹³ del dispositivo.



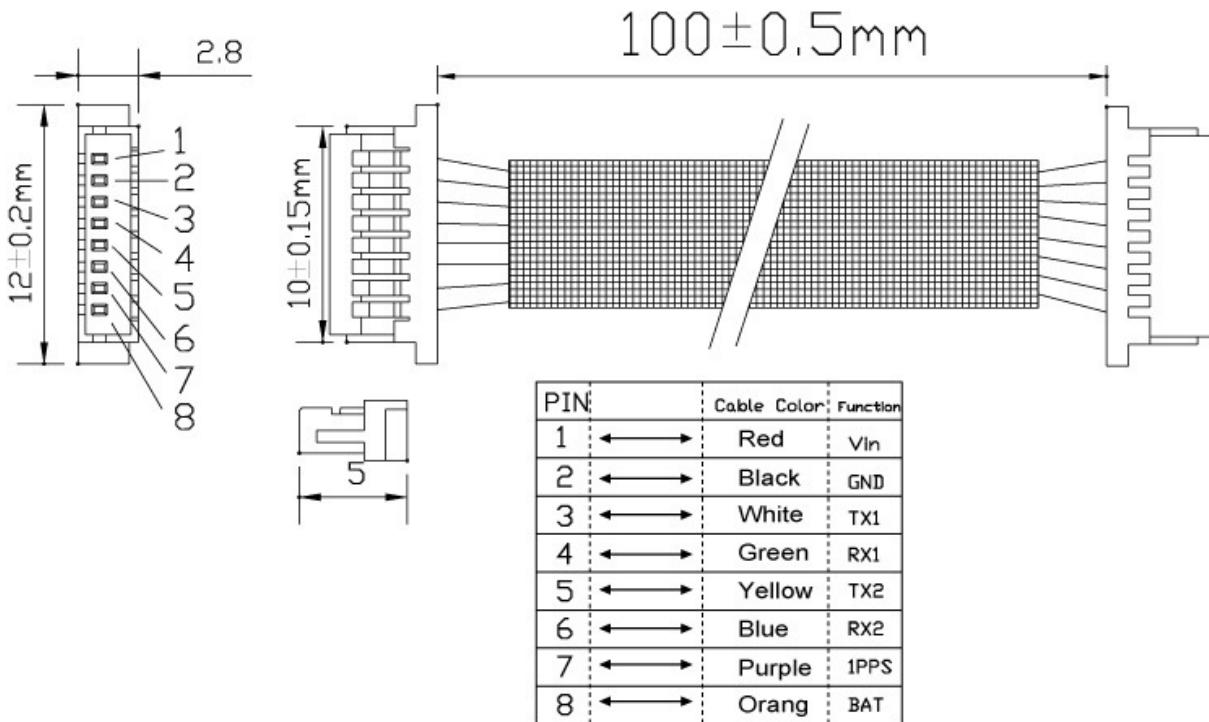
¹¹ <http://www.raspbian.org>

¹² https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/FV-M8_Spec.pdf

¹³ https://www.sparkfun.com/datasheets/GPS/FV-M8_Manual%201%2007-05-22.pdf



A continuación se muestra la asignación y definición de pines del módulo, así como también una tabla con las principales especificaciones técnicas del dispositivo:



PIN #	NOMBRE	I/O	DESCRIPCIÓN
1	Vin	P	Tensión de Alimentación 3.3 – 5 V DC ± 10%
2	GND	G	Ground
3	TX1	O	Puerto serie 1 (<i>si no se usa, dejar desconectado</i>)
4	RX1	I	Puerto serie 1 (<i>si no se usa, dejar desconectado</i>)
5	TX2	O	Reservado
6	RX2	I	Puerto serie 2 (<i>si no se usa, dejar desconectado</i>)
7	1PPS	O	Pulso temporal (<i>si no se usa, dejar desconectado</i>)
8	BAT	I	Tensión de Alimentación de Backup 2 – 5 V DC ± 10%



PHYSICAL CONSTRUCTION		PERFORMANCE		
Dimension	L30mm*W30mm*H8.6mm	Built-in Antenna	Highly-reliable ceramic patch	
Weight	15 grams	Sensitivity	-158dbm	
		SBAS	1 channel (Support WAAS, EGNOS, MSAS)	
		DGPS	RTCM Protocol	
Receiving frequency	1575.42MHZ; C/A code	Receiver architecture	32 parallel channels	
Connector	8pin connector with 1.0mm pitch	Start-up time	Hot start	
			Warm start	
			Cold start	
Mounting	Soldering	Position accuracy	Without aid	
			DGPS (RTCM)	
Construction	Full EMI Shielding	Velocity accuracy	0.1 Knot RMS steady state	
ENVIRONMENTAL CONDITIONS		Update Rate	1 ~ 5Hz	
Temperature	Operating: -30 ~ +80 °C	Power Supply	3.3~5V +- 5%	
	Storage: -40 ~ +85 °C	Current Consumption	Acquisition	
COMMUNICATION			63mA	
Protocol	NMEA V3.01		Tracking	
Signal level	UART @ 2.8V * 2		59mA (first 5 minutes)	
			42mA (after 5 minutes)	
INTERFACE CAPABILITY		Baud Rate	33mA (after 20minutes)	
Standard Output	Default		4800 bps (default) & 4800/9600/38400/57600/11520 0 bps are adjustable	
Sentences	Optional	Optional	GLL, ZDA	



Los datos devueltos por el GPS son enviados en el **formato NMEA-0183**. NMEA es la abreviatura de National Marine Electronics Association¹⁴. Es una asociación fundada en 1957 por un grupo de fabricantes de dispositivos para obtener un sistema común de comunicación entre las diferentes marcas de equipos de electrónica naval. Poco a poco se fueron sumando todos los fabricantes a este estándar, además de organizaciones oficiales y gubernamentales.

NMEA-0183 es un protocolo que define los requerimientos de datos y tiempo de transmisión en el formato serie a una velocidad de 4800 baudios. Las cadenas NMEA-0183 disponibles son:

TRAMAS NMEA-0183	
GGA	Global Positioning System Fix Data: Position fix related data, such as position, time, number of satellites in use, etc.
GLL	Geographic Position. Latitude/Longitude: Navigation data and status.
GSA	GNSS DOP and Active Satellites: Receiver operating mode, the values of DOPs, and PRN numbers for satellites used in the GGA position solution.
GSV	GNSS Satellites in View: Observable satellites' information, such as PRN numbers, elevation, azimuth, SNR, and number of satellites in view.
RMC	Recommended Minimum Navigation Information: This message transmits the necessary navigation data, such as time, position, speed, course, and so on.
VTG	Course Over Ground and Ground Speed: This message transmits the speed and course relative to ground.
ZDA	Time & Date: This message transmits UTC time and date, and local time zone.

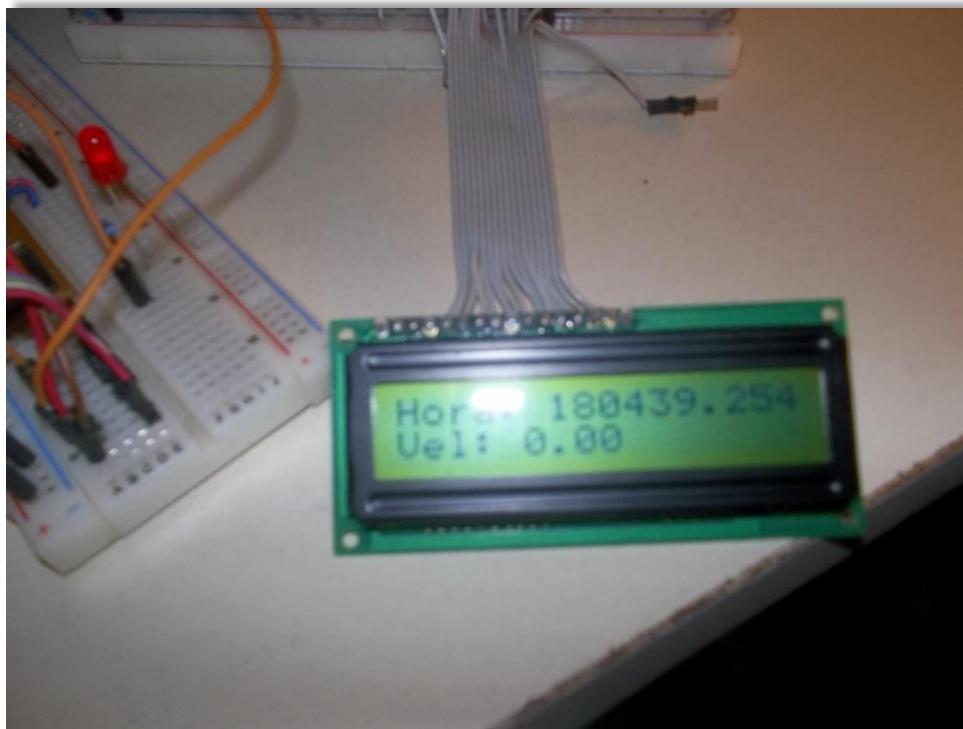
¹⁴ <http://www.nmea.org>



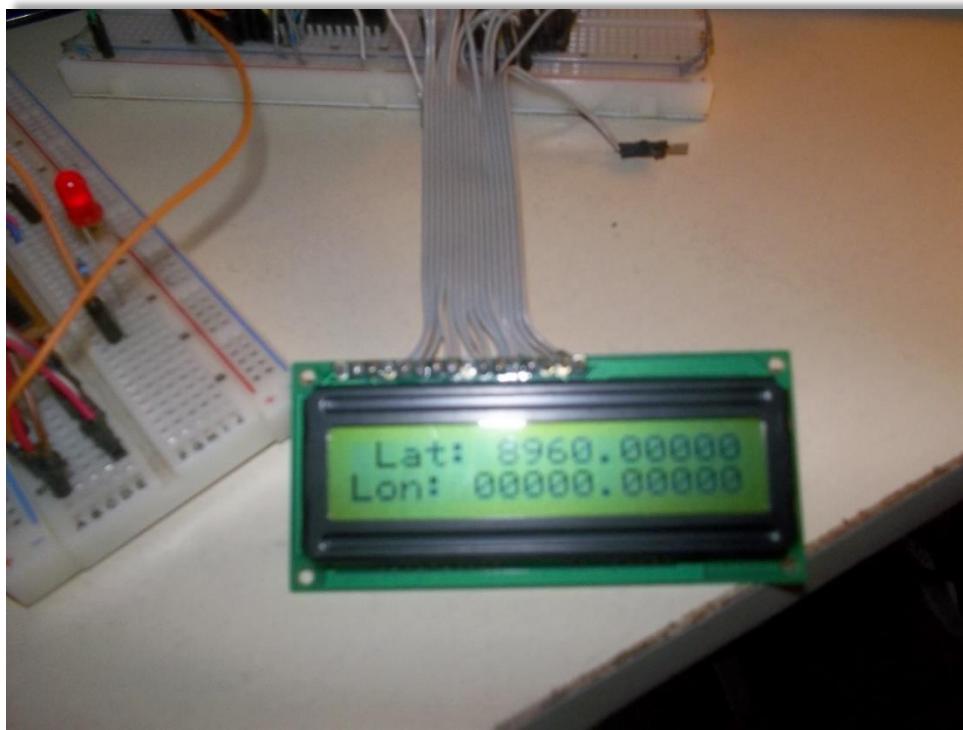
A continuación se detalla el formato de la trama RMC, que contiene todos los datos necesarios para el desarrollo del presente proyecto:

\$GPRMC, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12*hh<CR><LF>

PARÁMETRO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
\$GPRMC	Encabezado	Identificador del tipo de trama.
1	Hora (UTC)	Formato: hhmmss.sss
2	Estado	A = información válida, B = información no válida
3	Latitud	Formato: ddmm.mmmm
4	Indicador N/S	N = norte, S = sur
5	Longitud	Formato: ddmm.mmmm
6	Indicador E/O	E = este, O = oeste
7	Velocidad	En nudos (knots). 1 nudo = 1.852 km/h
8	Rumbo	En grados.
9	Fecha (UTC)	Formato: ddmmyy
10	Variación Magnética	No disponible.
11	Dirección de Variación Magnética	No disponible.
12	Checksum	Para comprobar la integridad de los datos.
<CR><LF>	Cierre	Fin de la trama.



Datos extraídos del GPS y mostrados en el display LCD (hora y velocidad).



Datos extraídos del GPS y mostrados en el display LCD (latitud y longitud).



23.9.2 Módulo GSM/GPRS SIM340C

El módulo GPRS usado para el envío de datos al servidor en el proyecto *infoBus* es el **SIM 340C**, de la firma SIMCOM.

Los módulos cuatribanda de la línea SIM340 de SIMCOM son una solución GSM/GPRS de bajo consumo, capaz de funcionar en las cuatro bandas (850/900/1800/1900MHz), con audio, SMS, datos y fax. Algunas de las características generales del SIM340C son:

- Controlable mediante **comandos AT standard** (GSM 07.07, 07.05)
- **Rango de tensión de operación:** 3.4 – 4.5 V
- **Cuatribanda GSM/GPRS** 850/900/1800/1900MHz

A continuación se dan un listado más completo de detalles técnicos de este módulo, según figuran en el *datasheet*¹⁵ del dispositivo:



¹⁵ http://radio.ubm.ro/EA/Documente/GSM/SIM340C_HardwareManual.pdf



Feature	Implementation
Power supply	Single supply voltage 3.4V – 4.5V
Power saving	Typical power consumption in SLEEP mode(DTX=5) to 3.5mA
Frequency bands	<ul style="list-style-type: none"> • SIM340C Quad-band: GSM850,EGSM 900, DCS 1800, PCS 1900. The band can be set by AT COMMAND, and default band is EGSM 900 and DCS 1800. • Compliant to GSM Phase 2/2+
GSM class	Small MS
Transmit power	<ul style="list-style-type: none"> • Class 4 (2W) at GSM850M and EGSM900 • Class 1 (1W) at DCS1800 and PCS 1900
GPRS connectivity	<ul style="list-style-type: none"> • GPRS multi-slot class 8 (optional) • GPRS multi-slot class 10 (default) • GPRS mobile station class B
Temperature range	<ul style="list-style-type: none"> • Normal operation: -20°C to +55°C • Restricted operation: -30°C to -20°C and +55°C to +80°C • Storage temperature -40°C to +85°C
DATA GPRS:	<ul style="list-style-type: none"> • GPRS data downlink transfer: max. 85.6 kbps • GPRS data uplink transfer: max. 42.8 kbps • Coding scheme: CS-1, CS-2, CS-3 and CS-4 • SIM340C supports the protocols PAP (Password Authentication Protocol) usually used for PPP connections. • The SIM340C integrates the TCP/IP protocol. • Support Packet Switched Broadcast Control Channel (PBCCH) • CSD transmission rates: 2.4, 4.8, 9.6, 14.4 kbps, non-transparent • Unstructured Supplementary Services Data (USSD) support
CSD:	
SMS	<ul style="list-style-type: none"> • MT, MO, CB, Text and PDU mode • SMS storage: SIM card • Support transmission of SMS alternatively over CSD or GPRS. User can choose preferred mode.
FAX	Group 3 Class 1
SIM interface	Supported SIM card: 1.8V ,3V
External antenna	Connected via 50 Ohm antenna connector or antenna pad
Audio features	<p>Speech codec modes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Half Rate (ETS 06.20) • Full Rate (ETS 06.10) • Enhanced Full Rate (ETS 06.50 / 06.60 / 06.80)



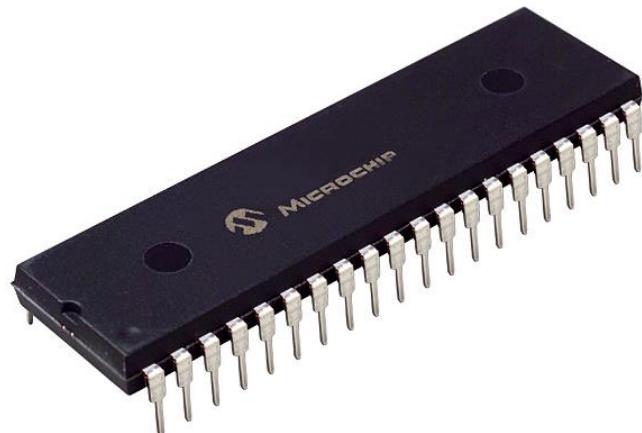
Serial interfaces	<ul style="list-style-type: none"> Serial Port Seven lines on Serial Port Interface
	<ul style="list-style-type: none"> Serial Port can be used for CSD FAX, GPRS service and send AT command of controlling module. Serial Port can use multiplexing function Autobauding supports baud rate from 1200 bps to 115200bps.
Phonebook management	Supported phonebook types: SM, FD, LD, RC, ON, MC.
SIM Application Toolkit	Supports SAT class 3, GSM 11.14 Release 98
Real time clock	Implemented
Timer function	Programmable via AT command
Physical characteristics	<p>Size: $50\pm0.15 \times 33\pm0.15 \times 7.7\pm0.3$ mm (including application connector)</p> <p>$50\pm0.15 \times 33\pm0.15 \times 6.2\pm0.3$ mm (excluding application connector)</p> <p>Weight: 13.8g</p>
Firmware upgrade	Firmware upgradeable over serial interface

23.9.3 Microcontrolador (MCU)

Dentro de la gama más simple de microcontroladores PIC de 8 bits, se encuentra el **PIC18F4550**, que es el MCU que se usará en el desarrollo de este proyecto. Sus características de memoria de programa, memoria RAM, número de entradas/salidas, número de canales analógicos y tipos de puertos de comunicación hacen que este componente sea utilizado tanto en el mercado como a nivel académico para distintas aplicaciones.¹⁶

Microchip ofrece acceso al *datasheet*¹⁷ de este microcontrolador de forma gratuita desde su sitio web. De forma general, PIC18F4550 cuenta con 5 puertos I/O, 4 temporizadores, 20 fuentes de interrupción, comunicación serie, módulo USB, 13 canales de entradas analógicas y 2 módulos PWM.

El microcontrolador PIC18F4550 se alimenta con una tensión de 5 V de corriente continua, que se aplican entre los pines de alimentación



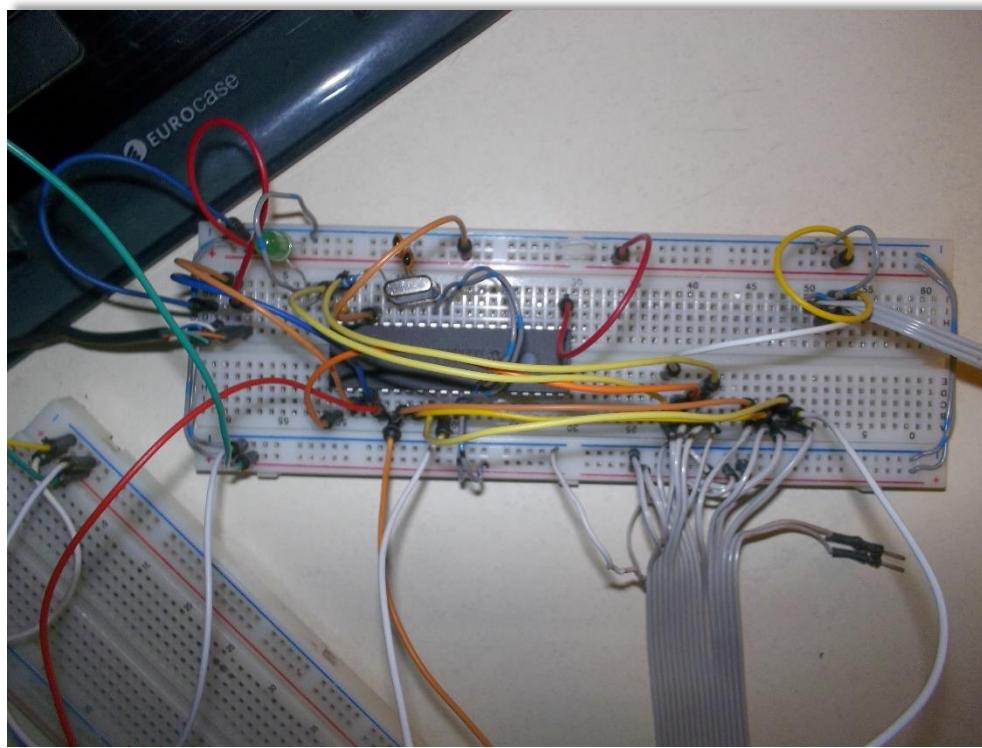
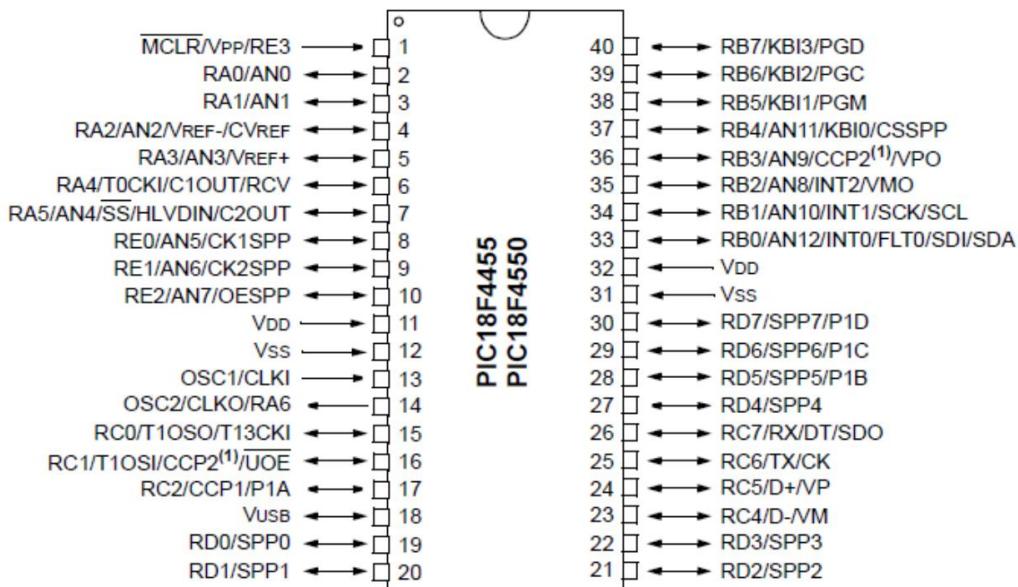
¹⁶ <http://www.uv.mx/personal/jemedina/files/2010/07/Manual-del-Taller-Introduccion-al-Microcontrolador-PIC18F4550.pdf>

¹⁷ <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632e.pdf>



V_{DD} (+) y V_{SS} (-). El consumo de corriente del dispositivo depende de las cargas conectadas al microcontrolador, y de su frecuencia de trabajo.

La figura a continuación describe cada uno de los pines del dispositivo:



Conexión del microcontrolador al display LCD.

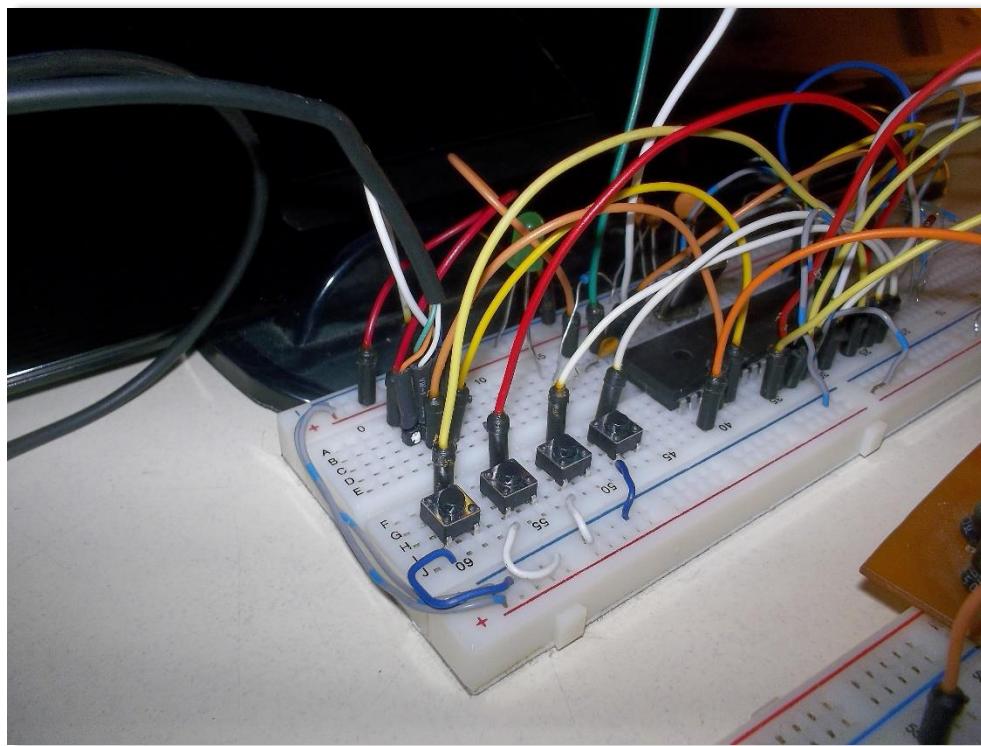


23.9.4 Seteo de Línea

El colectivero deberá indicar, antes de comenzar su recorrido, en qué línea estará trabajando ese día. Esto es así ya que un hardware puede sacarse de uno de los vehículos y ponerse en otro, y el sistema seguirá funcionando correctamente (siempre y cuando la línea sea seteada en el hardware antes que comience a circular el colectivo).

Formato de Líneas: Letra + Número

El formato elegido para las líneas es el que se usa en la ciudad de Córdoba¹⁸, en donde cada línea se identifica únicamente por un número seguido de una letra (por ejemplo, N1 o A6). Esta elección permite adaptar el sistema fácilmente a otras ciudades en las cuales la denominación de las líneas sea diferentes. Tal es el caso de San Francisco, donde los identificadores consisten únicamente en una letra (líneas A, B y C) con lo que solamente sería necesario setear el primer carácter de línea.



Teclado para el seteo de línea.

¹⁸ <http://www.cordoba.gov.ar/CordobaCiudad/principal2/docs/transporte/Recorridos%20TUP.pdf>



El hardware dispone de un teclado externo al gabinete desde el cual puede seleccionarse el código de línea. Además, y para asegurarse que el dato fue ingresado correctamente, al lado del teclado hay un display LCD que permite visualizar el código de línea seleccionado.

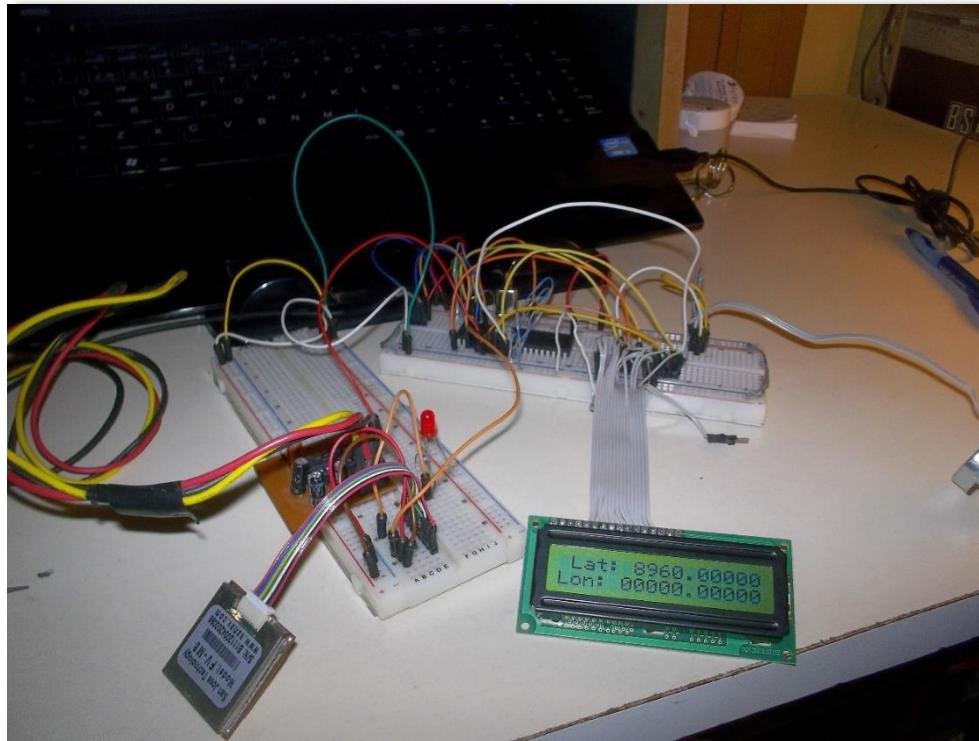


Display para el seteado de la línea.

23.9.5 Hardware Completo

A continuación se muestran imágenes del equipo de hardware terminado. El diseño de las placas y el código utilizado puede descargarse desde el repositorio del proyecto:

<http://code.google.com/p/infobus>



Hardware completo.



Capítulo 9

Plan de Pruebas

24 PLAN DE PRUEBAS

Las pruebas de software se aplican como una etapa más del proceso de desarrollo de software, siendo su objetivo asegurar que el producto desarrollado cumpla con las especificaciones requeridas, así como también detectar y eliminar los posibles defectos que pudiera tener.

El propósito del plan de pruebas es explicar el enfoque, recursos requeridos y responsables del proceso de *testing* del sistema. Este plan establece los lineamientos para preparar y llevar adelante las distintas pruebas que se realizarán durante el desarrollo del proyecto.

24.1 TIPOS DE PRUEBAS

24.1.1 Pruebas de “Caja Negra”

La estrategia a utilizarse para la realización de las pruebas estará basada en la modalidad de **caja negra**, es decir, se hará foco en las salidas esperadas de acuerdo a las entradas especificadas, evaluando únicamente los resultados y no los procesos internos que los generan.



Para ello, se diseñarán casos de prueba organizados según la división funcional que ya se utilizó para organizar a los casos de uso: **Sistema embebido, Frontend, Backend y Web Service**.

24.1.2 Verificación y Validación

Los casos de prueba se diseñarán con el objetivo de verificar y validar el sistema. El término **verificar** hace referencia a comprobar que el sistema funcione correctamente, es decir, que haga su trabajo correctamente. Por otro lado, **validar** se refiere a construir el producto correcto, es decir, que el sistema cumpla con el objetivo para el cual fue diseñado.

24.1.3 Pruebas Unitarias

La implementación del sistema se realiza mediante un **enfoque guiado por pruebas** (TDD). Esto significa lo siguiente: en primer lugar, se escribe una prueba y se verifica que las pruebas fallan; a continuación se implementa el código que hace que la prueba pase satisfactoriamente y seguidamente se refactoriza el código escrito. El propósito del desarrollo guiado por pruebas es lograr un código limpio que funcione. La idea es que los requisitos sean traducidos a pruebas, de este modo, cuando las pruebas pasen se garantizará que el software cumple con los requisitos que se han establecido. Estas pruebas se realizan "sobre la marcha", a medida que se va construyendo y desarrollando el sistema.

24.1.4 Pruebas de Integración

Estas pruebas verifican que las interfaces entre los distintos componentes de software y hardware funcionan correctamente.

24.1.5 Pruebas de Funcionalidad

Tienen por objetivo evaluar la funcionalidad del sistema a través de las descripciones de casos de uso. Estas pruebas se realizan desde el punto de vista del usuario final del sistema.

24.1.6 Pruebas de Aceptación

Al no haber un cliente en particular, no puede llevarse a cabo este tipo de pruebas que busca determinar si el sistema cumple con las expectativas de los *stakeholders*.

24.2 CRITERIOS DE ÉXITO

Antes de la ejecución de los casos de prueba diseñados, es fundamental la definición de los criterios a utilizarse para considerar cuáles fueron exitosos y cuáles no.

- **Éxito:** el resultado obtenido al finalizar la prueba concuerda con el resultado esperado.



- **Aceptable:** el resultado de la prueba indica que el sistema difiere ligeramente de la especificación original, pero de todos modos sigue siendo aceptable. No son necesarios cambios en la aplicación.
- **Fracaso:** la prueba arroja resultados erróneos que no se condicen con las salidas esperadas para la combinación de parámetros de entrada utilizados. Es necesario realizar cambios y correcciones en el sistema.

24.3 AMBIENTE DE PRUEBAS

Para probar el **sistema de software embebido (hardware de rastreo)** se deberá disponer de:

- MCU y periféricos que éste controla: LCD, GPS, GPRS y teclado.
- PC con Microsoft Windows con conectividad USB.
- Compilador CCS para compilar el código corregido.
- Hyperterminal para probar comunicaciones seriales.
- Fuente de alimentación.

Para probar el **Frontend, Backend y Web Service** se deberá disponer de:

- PC sin restricciones de sistema operativo.
- Variedad de navegadores web instalados: Chrome, Firefox, Opera, Internet Explorer.
- Conexión a Internet.
- Servidor web de prueba para alojar el Web Service y la base de datos.

Para probar la **aplicación Android nativa** se deberá disponer de:

- Smartphone con Android versión 2.2.
- Tablet con Android versión 2.2.
- Smartphone con Android versión 4.3.

24.4 DESCRIPCIÓN DE CASOS DE PRUEBA

En esta sección se plantearán todos los casos de prueba definidos para comprobar la correcta funcionalidad del sistema. Los mismos deben diseñarse de tal forma que se pueda verificar que el sistema hace lo que se espera que haga. Los distintos casos de prueba se agruparán en categorías, de la misma forma en que se presentaron los casos de uso en el capítulo de Análisis.

Cada caso de uso descripto en la sección anterior tendrá un caso de prueba asociado para verificar su funcionalidad. Es decir, cada caso de prueba detallado a continuación verifica el funcionamiento del caso de uso homónimo.



24.4.1 Sistema Embebido

#	CP01
CASO DE USO A PROBAR	CU01 (Extraer datos módulo GPS)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Se debe extraer de los datos recibidos por el GPS la trama NMEA GPRMC (Recommended Minimum data for GPS).
DATOS DE PRUEBA	Los datos de prueba son los obtenidos vía comunicación serie con el GPS.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fuente de alimentación. 2. Setear la llave del hardware a modo rastreo 3. Verificar con Hyperterminal.
RESULTADOS ESPERADOS	Se debe obtener una trama similar a la siguiente (debe ser similar porque los datos de posicionamiento global varían): \$GPRMC,081836,A,3751.65,S,14507.36,E,000.0,360.0,130998,011.3,E*62

#	CP02
CASO DE USO A PROBAR	CU02 (Seleccionar trama requerida)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Se debe separar, de todas las tramas enviadas por el GPS, a la trama GPRMC, que es la que se necesita para el desarrollo de este proyecto.
DATOS DE PRUEBA	Todas las tramas NMEA recibidas desde el puerto serie del GPS.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fuente de alimentación. 2. Setear la llave del hardware a modo rastreo 3. Verificar con Hyperterminal.
RESULTADOS ESPERADOS	Se debe haber obtenido la trama GPRMC y descartado al resto.



CP03

CASO DE USO A PROBAR	CU03 (Enviar datos módulo GSM/GPRS)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que los datos obtenidos desde el GPS sean enviados correctamente al servidor web.
DATOS DE PRUEBA	Trama NMEA.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fuente de alimentación. 2. Setear la llave del hardware a modo rastreo 3. Esperar hasta tener señal GPRS (LED indicador de señal). 4. Verificar en el Web Service si hay un <i>HTTP POST Request</i> con los datos esperados (latitud, longitud, tiempo, código de hardware).
RESULTADOS ESPERADOS	El Web Service debe haber recibido un mensaje HTTP.

CP04

CASO DE USO A PROBAR	CU04 (Alertar siniestro)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que la alarma de siniestros y el botón anti pánico funcionan correctamente.
DATOS DE PRUEBA	N/A
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fuente de alimentación. 2. Presionar el botón anti pánico.
RESULTADOS ESPERADOS	En el panel de control se deberá ver un cartel de alerta. Además, debe almacenarse en la base de datos un registro indicando qué colectivo emitió la alerta, así como también la hora y ubicación exacta en que ocurrió el siniestro.



#	CP05
CASO DE USO A PROBAR	CU05 (Setear línea)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Establecer el código de línea del colectivo y almacenarlo en la memoria EEPROM del MCU.
DATOS DE PRUEBA	Una letra de la A a la Z para el primer carácter, un número del 0 al 99 para los últimos dos caracteres. Los tres caracteres son de carácter obligatorio.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar fuente de alimentación. 2. Establecer la llave del hardware al modo "Configuración de línea". 3. Usar el teclado para ingresar el código de línea. 4. Presionar el botón "OK". 5. Comprobar el estado de la memoria EEPROM.
RESULTADOS ESPERADOS	Los datos ingresados deben haberse guardado correctamente en la memoria EEPROM del MCU.

24.4.2 Frontend

#	CP06
CASO DE USO A PROBAR	CU06 (Mostrar ubicación de colectivos en mapa digital)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar si el mapa digital se renderiza correctamente.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Mostrar ubicación de los colectivos en tiempo real". 2. Seleccionar código de línea.
RESULTADOS ESPERADOS	Debe visualizarse un mapa digital renderizado correctamente con marcadores indicando la posición exacta, en ese momento, de los colectivos de esa línea.



#	CP07
CASO DE USO A PROBAR	CU07 (Consultar tiempo de espera)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar el cálculo del tiempo de espera estimado hasta que el próximo colectivo de una determinada línea pase por una parada.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea y de parada.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Calcular tiempo de espera". 2. Seleccionar código de línea y de parada.
RESULTADOS ESPERADOS	Se debe mostrar el tiempo estimado del colectivo que pasa por esa parada, y este tiempo debe coincidir (de forma más o menos aproximada) con el tiempo real.

#	CP08
CASO DE USO A PROBAR	CU08 (Mostrar recorridos y paradas en mapa)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar la renderización del mapa digital junto con el recorrido y un conjunto de marcadores que indican las distintas paradas de esa línea.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Ver recorridos y paradas por línea". 2. Seleccionar código de línea.
RESULTADOS ESPERADOS	Se debe mostrar un mapa de la ciudad con el recorrido de la línea correspondiente y un conjunto de marcadores que indican las paradas de esa línea.



#	CP09
CASO DE USO A PROBAR	CU09 (Mostrar horarios estáticos)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el sistema entregue los horarios estáticos filtrados por línea y parada.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Ver horarios estáticos". 2. Seleccionar código de línea. 3. Seleccionar código de parada.
RESULTADOS ESPERADOS	Se debe mostrar los horarios estáticos en los que los colectivos de la línea seleccionada pasan por una parada en particular.

#	CP10
CASO DE USO A PROBAR	CU10 (Descargar App Android)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el sistema redireccione al usuario a <i>Google Play</i> para descargar la aplicación Android.
DATOS DE PRUEBA	N/A
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Descargar App Android". 2. Dar permisos para instalar la aplicación.
RESULTADOS ESPERADOS	La aplicación debe instalarse automáticamente y debe poderse utilizar en seguida luego de instalada.



#	CP11
CASO DE USO A PROBAR	CU11 (Dejar comentarios)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el sistema permita a los usuarios dejar mensajes (consultas, inquietudes, comentarios) y que los administradores del sistema reciban correctamente estos mensajes.
DATOS DE PRUEBA	Nombre, dirección de correo, mensaje.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Dejar comentarios". 2. Completar y enviar el formulario.
RESULTADOS ESPERADOS	El mensaje debe haber registrado el mensaje enviado.

#	CP12
CASO DE USO A PROBAR	CU12 (Configurar preferencias)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el sistema permita a los usuarios configurar ciertas opciones de la aplicación Android.
DATOS DE PRUEBA	N/A
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ingresar a la sección "Configuración". 2. Seleccionar la opción "Centrar mapa en mi ubicación actual (requiere GPS activado)". 3. Seleccionar la opción "Tipo de mapa: SATELLITE". 4. Establecer el nivel de zoom por defecto al 90%.
RESULTADOS ESPERADOS	La aplicación debe reflejar los cambios realizados.



#	CP13
CASO DE USO A PROBAR	CU13 (Consultar Web Service)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que las interfaces entre el Web Service y las distintas versiones del Frontend funcionen correctamente.
DATOS DE PRUEBA	Código de Línea.
PASOS A SEGUIR	1. Se hace una consulta directamente al Web Service, pasando como parámetro el código de la línea.
RESULTADOS ESPERADOS	El Web Service debe devolver un array de objetos JSON con la latitud y longitud de los colectivos de la línea seleccionada.

24.4.3 Backend

#	CP14, CP15, CP16, CP17, CP18, CP19
CASO DE USO A PROBAR	CU14-19 (ABM de Colectivos, Paradas, Líneas, Recorridos, Horarios estáticos y Usuarios administradores)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que las altas, bajas y modificaciones se llevan a cabo de manera correcta.
DATOS DE PRUEBA	Se utilizan los datos existentes en la base de datos.
PASOS A SEGUIR	1. Agregar nuevas entidades, modificar entidades existentes y dar de baja entidades seleccionadas al azar. 2. Llevar un registro de los datos modificados.
RESULTADOS ESPERADOS	Los cambios realizados deben quedar reflejados en la base de datos una vez completada la operación.



#	CP20
CASO DE USO A PROBAR	CU20 (Login de usuarios)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el inicio de sesión de usuarios se lleve a cabo de forma correcta y segura.
DATOS DE PRUEBA	Nombre de usuario y contraseña.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se accede al panel de control del sistema. 2. Se completan los campos "nombre de usuario" y "contraseña" con datos incorrectos. 3. Se completan los campos "nombre de usuario" y "contraseña" con datos correctos.
RESULTADOS ESPERADOS	En el primer intento, el sistema deberá devolver un mensaje de error. En el segundo intento, el sistema deberá permitir el acceso al panel de control.

#	CP21
CASO DE USO A PROBAR	CU21 (Ver estadísticas de uso del sistema)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que las estadísticas de acceso al sistema son correctas.
DATOS DE PRUEBA	Número de veces que se hicieron consultas al sistema durante el período de prueba.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner las estadísticas de acceso / uso del sistema en cero. 2. Se ingresa a la sección de "Estadísticas de acceso al sistema" dentro del panel de control.
RESULTADOS ESPERADOS	Las estadísticas deben reflejar la cantidad exacta de accesos al sistema.



#	CP22
CASO DE USO A PROBAR	CU22 (Ver estadísticas del transporte)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que las estadísticas del transporte son correctas.
DATOS DE PRUEBA	Resultado de mediciones manuales.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Poner las estadísticas de transporte en cero. 2. Se ingresa a la sección de "Estadísticas de transporte" dentro del panel de control.
RESULTADOS ESPERADOS	Las estadísticas deben reflejar las mediciones realizadas.

24.4.4 Web Service

#	CP23
CASO DE USO A PROBAR	CU23 (Guardar datos enviados por el Hardware de Rastreo)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que los datos enviados por el hardware de rastreo se envían al Web Service y almacenan de forma correcta.
DATOS DE PRUEBA	Latitud, longitud, velocidad, instante en el que se capturaron los datos, y código del colectivo al cual corresponden estos datos.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enviar un <i>HTTP POST Request</i> al Web Service, suministrando los datos de prueba. 2. Verificar en la base de datos si este registro se guardó correctamente.
RESULTADOS ESPERADOS	El registro debe encontrarse almacenado, de forma correcta, en la base de datos.



#	CP24
CASO DE USO A PROBAR	CU24 (Calcular tiempo de espera)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el tiempo estimado calculado sea aceptable.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea y de parada.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceder a la sección "Calcular tiempo de espera". 2. Ingresar el código de línea y de parada. 3. Cronometrar el tiempo real transcurrido hasta que el colectivo pase por la parada. 4. Comparar la estimación con el tiempo real.
RESULTADOS ESPERADOS	El tiempo real y la estimación deben ser valores muy cercanos.

#	CP25
CASO DE USO A PROBAR	CU25 (Responder a consulta del Frontend)
RESPONSABLE	ES, MG, FK
OBJETIVOS	Verificar que el Web Service responda correctamente a las consultas generadas desde el Frontend.
DATOS DE PRUEBA	Código de línea.
PASOS A SEGUIR	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hacer una consulta de forma directa al Web Service solicitando la posición de todos los colectivos de una determinada línea.
RESULTADOS ESPERADOS	El Web Service deberá devolver un array de objetos JSON con la latitud y longitud de todos los colectivos de la línea seleccionada.



24.5 RESULTADOS DE EJECUCIÓN DE LAS PRUEBAS

#	CP01
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Se obtuvo una trama NMEA con el formato esperado.

#	CP02
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Se pudo separar la trama GPRMC del resto de las tramas enviadas por el módulo GPS.

#	CP03
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El éxito del envío depende del servicio brindado por la empresa de telefonía móvil y del estado de la red 3G.

#	CP04
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El éxito del envío depende del servicio brindado por la empresa de telefonía móvil y del estado de la red 3G.

#	CP05
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	La memoria EEPROM del MCU queda cargada con la última línea establecida por el conductor del vehículo.



#	CP06
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Los colectivos se muestran dentro los mapas digitales en su posición real a través de marcadores que proporciona la API de Google Maps.

#	CP07
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El sistema muestra la estimación del tiempo de espera.

#	CP08
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El mapa se renderiza correctamente.

#	CP09
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Los horarios estáticos se muestran correctamente.

#	CP10
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	La aplicación se instala automáticamente y está lista para ser utilizada.



#	CP11
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El mensaje queda registrado correctamente en el sistema.

#	CP12
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Se comprueban los cambios realizados a la configuración de la aplicación Android.

#	CP13
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El Web Service devuelve el array de objetos JSON esperado.

#	CP14, CP15, CP16, CP17, CP18, CP19
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Los cambios realizados en las distintas entidades se ven reflejados en la base de datos.

#	CP20
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	La validación funciona correctamente, permitiendo el acceso únicamente a usuarios administradores autorizados.



#	CP21
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Las estadísticas reflejan las mediciones realizadas.

#	CP22
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	Las estadísticas reflejan las mediciones realizadas.

#	CP23
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El registro se guarda correctamente en la base de datos.

#	CP24
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	La estimación realizada por el sistema coincide, con una diferencia de pocos segundos, con el tiempo real de espera.

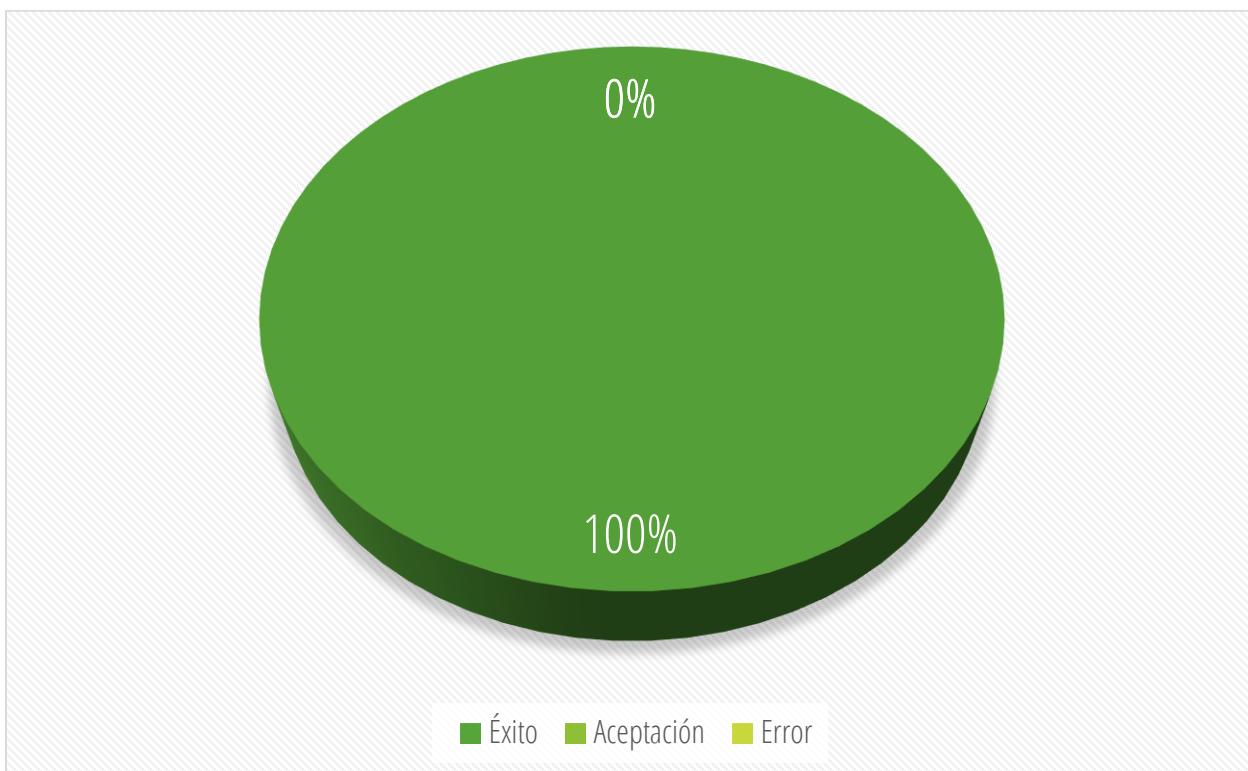
#	CP25
RESULTADO OBTENIDO	Éxito ✓
OBSERVACIONES	El Web Service responde a las consultas correctamente.



24.6 CONCLUSIONES

Todos los casos de prueba llevados a cabo se ejecutaron con éxito, esto es, no se encontraron errores en ninguno de los componentes del sistema en particular, ni tampoco en la integración del mismo. Por supuesto, las pruebas no son exhaustivas y no pueden garantizar que el sistema no tiene fallas, pero al menos se puede asegurar que el sistema funciona de acuerdo a sus especificaciones y cumple con la tarea para el cual fue desarrollado.

- Casos de Éxito: 25/25 → 100%
- Casos de Aceptación: 0/0 → 0%
- Casos de Error: 0/0 → 0%





Capítulo 10

Manual de Usuario

25 MANUAL DE USUARIO

En la sección “Ayuda” del sitio web del proyecto:

<http://ayuda.colectivos.de>

se pone a disposición de los distintos usuarios una serie de videotutoriales que ilustran el uso del sistema. Concretamente, los instructivos disponibles son los siguientes:

- **Instrucciones para el usuario final**, para el manejo de:
 - Aplicación Web Desktop
 - Aplicación Web Mobile
 - Aplicación Android
 - Aplicación para Raspberry Pi / TV
- **Instrucciones para el administrador del sistema**, para el manejo de:
 - Panel de control
- **Instrucciones para el conductor del vehículo**, para el manejo de:



- Hardware de Rastreo
- Alarma Anti Pánico
- Interfaz para la Configuración de Líneas

Además, todos estos videotutoriales pueden consultarse en el DVD incluido en el presente documento.

The background features abstract geometric shapes in red, orange, and teal, arranged in a layered, overlapping fashion.

</Producto>



Bibliografía

- [1] P. Kroll, P. Kruchten. "The Rational Unified Process Made Easy: A Practitioner's Guide to the RUP". Editorial Addison-Wesley. Año 2003.
- [2] I. Jacobson, G. Booch, J. Rumbaugh. "The Unified Software Development Process". Editorial Addison-Wesley. Año 1999.
- [3] R. Pressman. "Software Engineering: A Practitioner's Approach". 7º Edición. Editorial McGraw-Hill. Año 2010.
- [4] S. McConnell. "Desarrollo y Gestión de Proyectos Informáticos". Editorial Microsoft Press. Año 2002.
- [5] M. Fowler. "UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language". 3º Edición. Editorial Addison-Wesley. Año 2003.
- [6] R. Miles, K. Hamilton. "Learning UML 2.0". Editorial O'Reilly. Año 2006.
- [7] J. Arlow, I. Neustadt. "UML 2". Editorial Anaya Multimedia. Año 2006.
- [8] I. Sommerville. "Software Engineering". 9º Edición. Editorial Pearson. Año 2010.
- [9] Project Management Institute (PMI). "Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK)". 4º Edición. Año 2009.