

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

MEJORA INFORMÁTICA DE LA EXPERIENCIA DE LOS PASAJEROS DE ÓMNIBUS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Mattioli, Pablo Nicolás – LU131697

Mendes, Lucas Abel – LU133239

Ingeniería en Informática

Tutor:

Rousselot, Julián Gustavo, UADE

Octubre 2, 2014



UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Resumen

La necesidad que da origen a este proyecto está evidenciada en el trabajo “Estudio sobre transporte urbano” realizado por la Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) durante el mes de abril de 2011. Del análisis del mismo surge que de los 15,6 millones de habitantes de la provincia de Buenos Aires, 14 millones (90%) vive en grandes ciudades, y de ellos el 86,1% utiliza el transporte público. En particular, el medio más utilizado es el ómnibus, empleado por el 62% de la población. Sobre el nivel de satisfacción con los servicios brindados por el transporte público, el 63,5% de los encuestados se encuentra disconforme con los servicios de transporte público; en particular, este porcentaje asciende al 66,9% en las grandes ciudades. Por otro lado, el 65% de los entrevistados que hoy no utilizan el transporte público, optarían por utilizarlo si mejoraran las condiciones del servicio. Al analizar las razones de esta disconformidad, se encuentra que 54,6% de las causas tienen que ver con necesidades de información insatisfechas, solucionables mediante un sistema que provea: la distancia del destino a la ruta del colectivo, la proximidad del colectivo a la parada más cercana al usuario, la proximidad del usuario a dicha parada, la cantidad de pasajeros a bordo y la velocidad a la que viaja el colectivo.

Para proveer la distancia del destino a la ruta del colectivo, y la proximidad del colectivo a la parada más próxima al usuario se utilizará Google Directions API en conjunto con la fórmula de Haversine para cálculo de distancia entre dos pares latitud/longitud. Para la cantidad de pasajeros a bordo, se utilizará un sistema de monitoreo IP con detección de “eventos”, que transmite una notificación al sistema central cuando la imagen cambia de “colectivo vacío” a “colectivo lleno”. Una aplicación cliente deberá instalarse tanto en el dispositivo del cliente como en equipos celulares que viajarán a bordo de cada unidad. Estas aplicaciones interactuarán con un servicio REST proveído por una aplicación Java Web instalada en la central de la línea. Por último, la velocidad de las unidades se calculará utilizando los diferenciales de posición de las mismas en el tiempo.

Desde la perspectiva operacional, una de las principales modificaciones que habrá que introducir será la de asignarle un equipo celular a cada unidad. No se generarán nuevos gastos recurrentes a excepción del plan de datos de bajo costo de cada equipo. Tampoco es necesario asignar responsabilidades adicionales ya que la transmisión se realizará en forma automática. Se deberá ofrecer capacitación a conductores, gerentes, controladores de rutas y al personal de

Sistemas. Los principales riesgos detectados para el proyecto son: resistencia al cambio, posible falta de apoyo de los directivos y ventana de implementación acotada.

Por último, desde el punto de vista económico, este se trata de un proyecto de inversión obligatoria. La duración del mismo será de aproximadamente 20 meses (orden de magnitud). El costo total del proyecto está estimado en \$1.058.890 (pesos argentinos, orden de magnitud). Se asume un subsidio del Estado Nacional de alrededor de 30.000 pesos mensuales. De no conseguirse esta financiación el proyecto no resultaría económicamente viable.

Abstract

The need that gives rise to this project is evidenced in the "Study on Urban Transport" carried out by Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF) during the month of April 2011. By analyzing this study, it was found that of the 15.6 million inhabitants of the province of Buenos Aires, 14 million (90%) live in large cities, and of these, 86.1% uses public transportation. In particular, the most widely used is the bus, used by 62% of the population. On the level of satisfaction with the services provided by public transport, 63.5% of respondents are dissatisfied with public transport services; in particular, this figure rises to 66.9% in large cities. On the other hand, 65% of respondents who today do not use public transport, state they would use it if the conditions of the service were to improve. In analyzing the reasons for this dissatisfaction, it is found that 54.6% of the causes are related to unmet information needs, solvable through a system that provides: the distance from the destination to the bus route, the bus' proximity to the stop closest to the user, the user's proximity to said stop, the number of passengers and the vehicle's traveling speed.

To provide the distance from the destination to the bus route and the bus' proximity to the stop closest to the user, Google Directions API is used in conjunction with the Haversine formula for calculating the distance between two latitude/longitude pairs. The amount of passengers onboard will be provided by an IP monitoring system with "event" detection, which transmits a notification to the server system when the image changes from "bus empty" to "bus full". A client application must be installed on both the client device and on the cellphones traveling on board each unit. These applications interact with a REST service provided by a Java Web application installed on the line's HQ. Finally, the speed of the units is calculated using their displacement over time.

From an operational perspective, one of the main changes that have to be made will be to assign a cellphone to each unit. No new recurrent expenditure except the low-cost data plans for each device will be generated. Nor is it necessary to assign any additional responsibilities as the data transmission will take place automatically. Training for drivers, managers, route controllers and IT personnel shall be provided. The main risks identified for the project are: resistance to change, possible lack of management support and limited time for implementation.

Finally, from an economic point of view, this is a mandatory investment type of

project. Its duration will be approximately 20 months (order of magnitude). The total project cost is estimated to be \$1,058,890 (Argentine pesos, order of magnitude). A subsidy from the national government of about 30,000 pesos a month is assumed. Failure to meet this funding would mean the project would not be economically viable.

Contenidos

Introducción.....	7
La problemática planteada y cómo resolverla.....	9
La solución propuesta	15
Evaluación de factibilidad tecnológica.....	19
Distancia del destino a la ruta del colectivo	19
Proximidad del vehículo a la parada más cercana	22
Cantidad de pasajeros a bordo	25
Transferencia de datos	28
Aplicación cliente	30
Aplicación servidor (procesamiento).....	33
Ubicación del colectivo	36
Proximidad del usuario a la parada.....	39
Tráfico para el recorrido	40
Evaluación de factibilidad operativa	44
Seguimiento mediante equipos de GPS	45
Cantidad de equipos necesarios	46
Capacitación	50
Riesgos detectados.....	54
Evaluación de factibilidad económica.....	57
Tipo de proyecto de inversión	57
Estimación del proyecto de inversión.....	58
Estimación de orden de magnitud del proyecto.....	59
Flujo de fondos	62
Conclusiones	64

Introducción

Los objetivos del proyecto “Mejora informática de la experiencia de los pasajeros de ómnibus en la Provincia de Buenos Aires” son dos, claramente definidos a continuación:

- Demostrar que existe una real necesidad de mejora en el servicio de transporte público (y de ómnibus en particular) y que ésta obedece en un alto porcentaje a necesidades de información insatisfechas, en contraposición a problemáticas de tipo operativo o económico.
- Investigar y alcanzar una conclusión sobre la factibilidad económica, tecnológica y operativa de la solución propuesta. El motivo de esta investigación radica en determinar si es realmente “posible” llevar esta mejora a la práctica aprovechando los últimos desarrollos tecnológicos en los campos del geo-posicionamiento global y las telecomunicaciones, teniendo en cuenta las limitaciones de financiamiento y operación de las empresas de ómnibus.

Actualmente existen desarrollos aislados que apuntan a resolver parte de esta problemática. Uno de los principales esfuerzos en este campo proviene de la Secretaría de Transporte del Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires, a través del servicio “¿Cómo Llego?”. Este desarrollo utiliza el servicio de posicionamiento Google Directions (a través de su API o Interfaz de Programación de Aplicaciones), en conjunto con una base de datos propia para permitir a los usuarios decidir la forma óptima de trasladarse de un punto a otro, dentro de la Capital Federal. Este servicio resuelve satisfactoriamente una necesidad de información hasta el momento no cubierta, pero deja muchas otras (parada más óptima, ubicación del colectivo, intensidad del tráfico en cada ruta) sin resolver.

Por otra parte, se implementó en la Ciudad otro servicio relacionado tangencialmente con el proyecto en cuestión, denominado SaferTaxi. Esta aplicación permite, entre otras cosas, solicitar el taxi más cercano al usuario que está efectuando la consulta y realizar el seguimiento del vehículo por GPS en su recorrido, para conocer en todo momento su posición. Estas funciones son parte de la mejora propuesta en el servicio de ómnibus, y utilizan la misma tecnología satelital (el Sistema de Posicionamiento Global) para obtener e informar la ubicación de las unidades. Lamentablemente no existe algo similar en el área de

estudio (Provincia de Buenos Aires y CABA) para las líneas de ómnibus, y como queda evidenciado en el desarrollo de este trabajo, las mejoras en el sistema de transporte privado impactan a un número mucho menor de usuarios (16%).

El trabajo desarrollado a continuación consta de cuatro partes. La primera, titulada “La problemática planteada y cómo resolverla” apunta, como su título lo indica, a explicar y bajar a detalle (números y porcentajes) la necesidad de una mejora en el sistema de transporte público de la Provincia (y, en particular, del servicio de ómnibus), por un lado; por otra parte, la idea es proponer una solución desde el plano informático a las necesidades de información insatisfechas que surjan de dicho análisis.

La segunda sección, titulada “Evaluación de factibilidad tecnológica”, repasa cada punto de las necesidades del proyecto desde el punto de vista tecnológico, y describe con razonable detalle las tecnologías propuestas para cada faceta y el nivel de servicio que cada una ofrece. El objetivo de esta parte es determinar si las tecnologías actuales son suficientes para llevar adelante este esfuerzo, y determinar hasta qué punto son suficientes (en caso de serlo) o cuáles son las posibles alternativas (en caso de no ser suficientes).

La tercera sección, denominada “Evaluación de factibilidad operativa”, tiene por objetivo determinar si es posible implementar estos cambios en el modelo operativo de una típica compañía de ómnibus, teniendo en cuenta resistencia al cambio, creación de nuevas responsabilidades, necesidades de capacitación, etc. Además se discuten los riesgos que deben tenerse en cuenta para el proyecto, se definen las acciones propuestas para cada uno y se enumeran las consideraciones que deben tenerse en cuenta al momento de llevar a cabo la implementación de la solución.

En la cuarta y última sección de este documento, se discute la “Evaluación de factibilidad económica” de la mejora propuesta. En la misma se analizan las fuerzas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) del proyecto; se realiza una estimación de las tareas que lo componen, junto con su complejidad y tamaño y, en última instancia, su costo en dinero; se realiza una estimación de orden de magnitud del costo de adquisición del hardware necesario; y por último se presenta el flujo de fondos del proyecto, suponiendo al Gobierno Nacional como uno de los actores clave en la financiación del mismo.

La problemática planteada y cómo resolverla

La necesidad que da origen a este proyecto se basa principalmente en un estudio muy completo realizado por el Centro de Investigaciones en Estadística Aplicada (CINEA) de la Universidad Nacional de Tres de Febrero. El estudio en cuestión se denominó “Estudio sobre transporte urbano” y fue realizado durante el mes de abril de 2011.

Uno de los principales factores que hace a este proyecto tan necesario se evidencia en que, según el estudio realizado, el 80% de la población utiliza el transporte público, ya sea como único medio o en combinación con los medios privados.

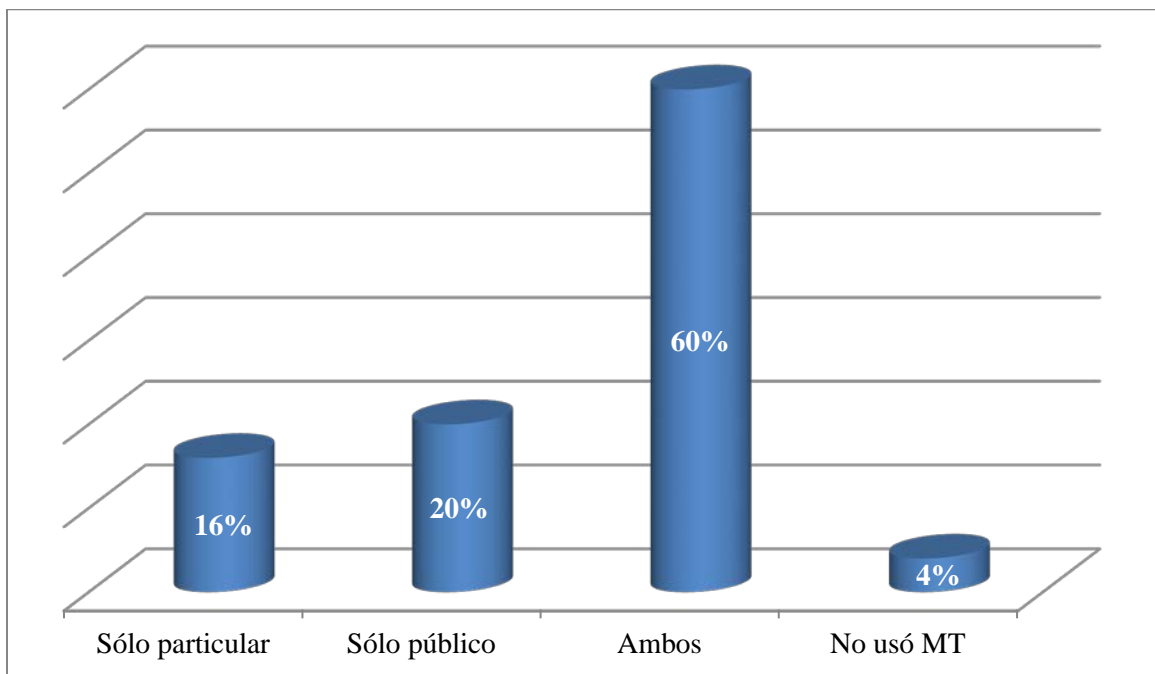


Figura 1: Uso de medios de transporte según público o privado.

Además, cabe destacar que la condición de actividad o la edad de los encuestados no demostró ser un factor que determine valores significativos en las preferencias para la utilización de medios de transporte públicos (UNTREF, 2011), lo cual nos confirma la percepción general de que el mal estado del transporte público es un problema que alcanza prácticamente a toda la población, en todos los estratos sociales e independientemente de la edad.

Otra de las importantes informaciones que aporta la investigación es que, en las grandes ciudades (más de 250.000 habitantes) el esquema de transporte más utilizado es el de **sólo transporte público**, con el 24,8% (UNTREF, 2011).

		Tamaño de la ciudad			Total
		Gdes. ciudades	Medianas	Pequeños	
Sistema de transporte utilizado	Sólo particular	11,2%	20,5%	34,3%	16,0%
	Sólo Público	24,8%	14,3%	4,8%	20,1%
	Ambos	61,3%	59,3%	53,3%	60,0%
	No usó MT	2,6%	5,8%	7,6%	4,0%
Total Fila		64,1%	25,5%	10,4%	100,0%
Total Columna		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%^a

Figura 2: Sistema de transporte utilizado según tamaño de la ciudad.

Si a esto agregamos los usuarios de ambos sistemas alternativamente, el porcentaje de utilización del transporte público en las grandes ciudades asciende a 86,1 % (UNTREF, 2011).

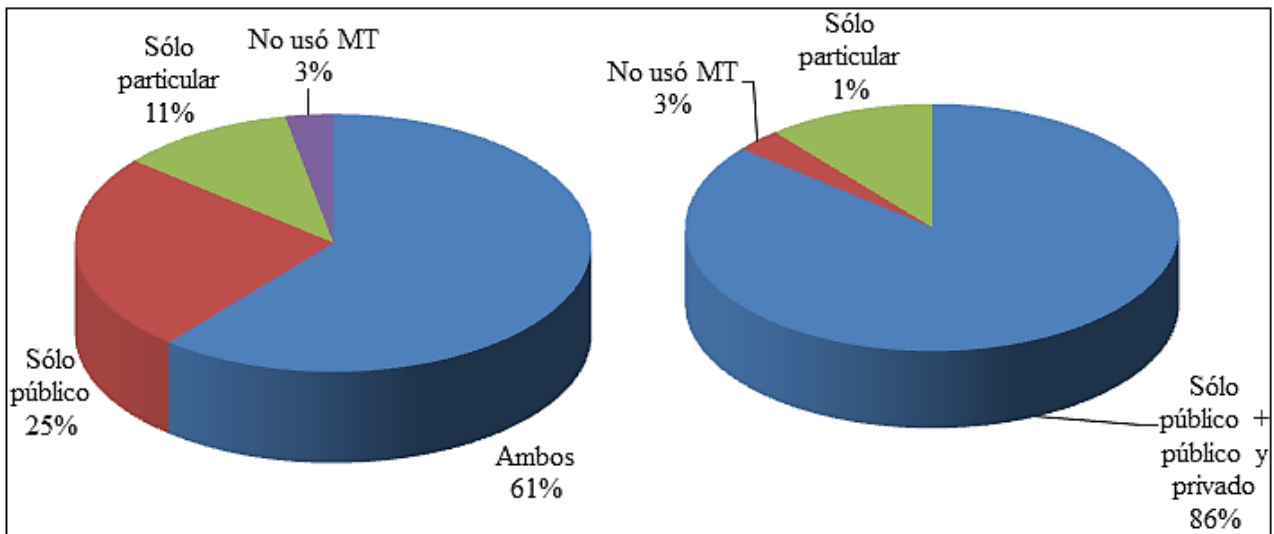


Figura 3: Utilización de MT según particular o público en grandes ciudades.

Este es un dato muy significativo considerando que, en la Provincia de Buenos Aires, una gran cantidad de ciudades caen dentro la categoría “gran ciudad”, es decir, con más de 250.000 habitantes (INDEC, 2010). A continuación se presenta una tabla que detalla la cantidad de habitantes de las principales ciudades de la Provincia, junto con su ubicación dentro de la misma:

TABLA I: Datos poblacionales por ciudad obtenidos de los resultados del Censo 2010.

CIUDAD	CANTIDAD DE HABITANTES
Ciudad Autónoma de Buenos Aires	2.890.151
La Matanza, Buenos Aires	1.775.816
La Plata, Buenos Aires	654.324
General Pueyrredón, Buenos Aires	618.989
Lomas de Zamora, Buenos Aires	616.279
Quilmes, Buenos Aires	582.943
Almirante Brown, Buenos Aires	552.902
Merlo, Buenos Aires	528.494
Lanús, Buenos Aires	459.263
Moreno, Buenos Aires	452.505
Florencio Varela, Buenos Aires	426.005
General San Martín, Buenos Aires	414.196
Tigre, Buenos Aires	376.381
Avellaneda, Buenos Aires	342.677
Tres de Febrero, Buenos Aires	340.071
Berazategui, Buenos Aires	324.244
Malvinas Argentinas, Buenos Aires	322.375
Morón, Buenos Aires	321.109
Bahía Blanca, Buenos Aires	301.572
Esteban Echeverría, Buenos Aires	300.959
Pilar, Buenos Aires	299.077
San Isidro, Buenos Aires	292.878
San Miguel, Buenos Aires	276.190
Vicente López, Buenos Aires	269.420

José C. Paz, Buenos Aires	265.981
Total	14.004.801

De esto se desprende que de los 15,6 millones de habitantes de la provincia de Buenos Aires, 14 millones (es decir, casi un 90%) vive en grandes ciudades, y de ellos el 86,1% utiliza el transporte público. Con esto pretendemos dar una idea de la cantidad de gente que se ve afectada por esta problemática en términos reales.

Dentro del universo del transporte público, el estudio muestra que el medio más utilizado es el colectivo, empleado por el 62% de la población (UNTREF, 2011). Esta información resulta de suma relevancia teniendo en cuenta que representa más del doble de los usuarios del subte y más del triple de los del tren, los siguientes más utilizados.

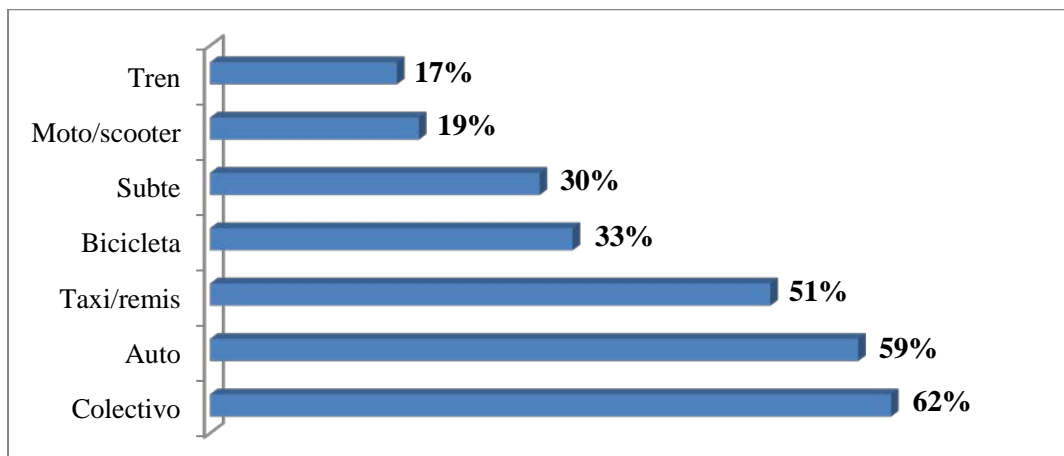


Figura 4: Utilización según tipo de MT.

En las grandes ciudades, el uso del colectivo asciende al 70%, aún más que el automóvil particular (UNTREF, 2011).

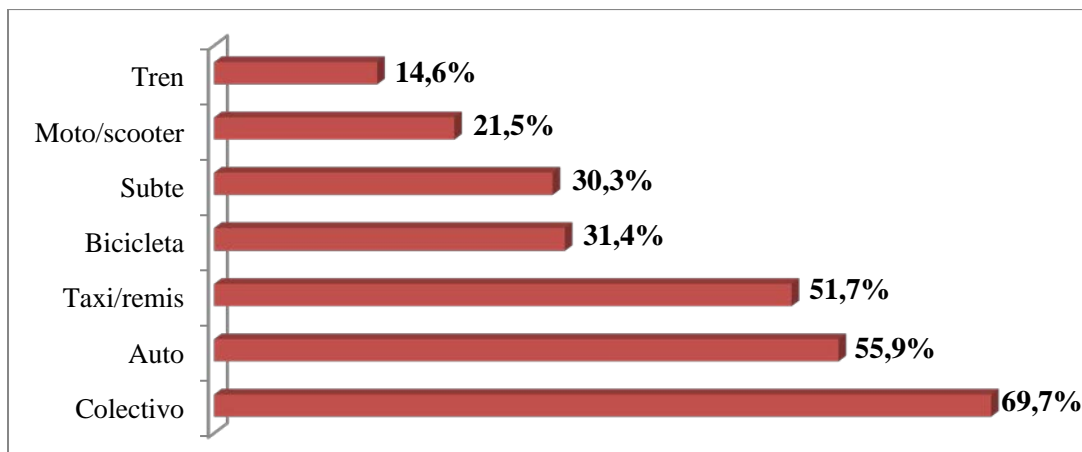


Figura 5: Utilización según tipo de MT en grandes ciudades.

Hasta aquí hemos identificado dos hechos que resultan centrales en nuestro análisis para determinar la real necesidad de la solución propuesta:

1. La gran mayoría de la población (80%) utiliza el transporte público, ya sea en combinación con el privado o como único medio. En las grandes ciudades, que albergan al 90% de la población, este porcentaje asciende a 86,1%.
2. El transporte público más utilizado, por un gran margen, es el colectivo u ómnibus. Este último hecho es especialmente cierto en las grandes ciudades, donde casi un 70% utiliza dicho medio de transporte.

Ahora pasaremos a analizar los datos ofrecidos por el estudio sobre el grado de satisfacción de los usuarios respecto de la facilidad de desplazamiento en sus ciudades.

La primera cifra significativa con la que nos encontramos es rotunda: 73,09% de los usuarios del transporte público (ya sea en forma exclusiva o no), considera que la circulación en su ciudad es entre bastante y muy complicada (UNTREF, 2011).

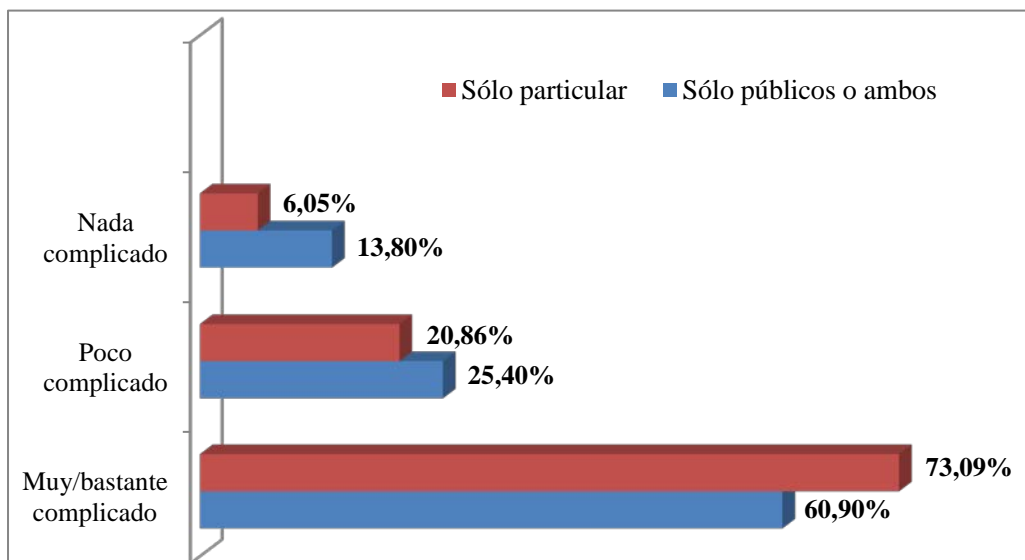


Figura 6: Satisfacción de los usuarios con los MT.

Además encontramos como resultado de la investigación que el colectivo vuelve a ser protagonista: el 66,5% de los usuarios en las grandes ciudades no está conforme con los servicios de ómnibus prestados en su ciudad (UNTREF, 2011).

El estudio continúa con una sección específica sobre el nivel de satisfacción con los servicios brindados por el transporte público que resulta particularmente de interés para el

propósito de este trabajo. 63,5% de los encuestados se encuentra disconforme con los servicios de transporte público; en particular, este porcentaje asciende al 66,9% en las grandes ciudades (UNTREF, 2011).

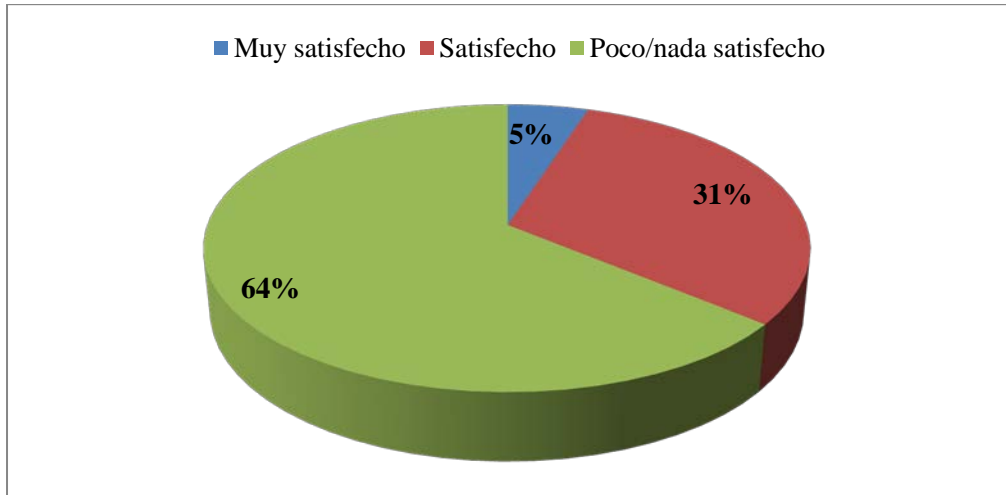


Figura 7: Nivel de satisfacción con los servicios de transporte público.

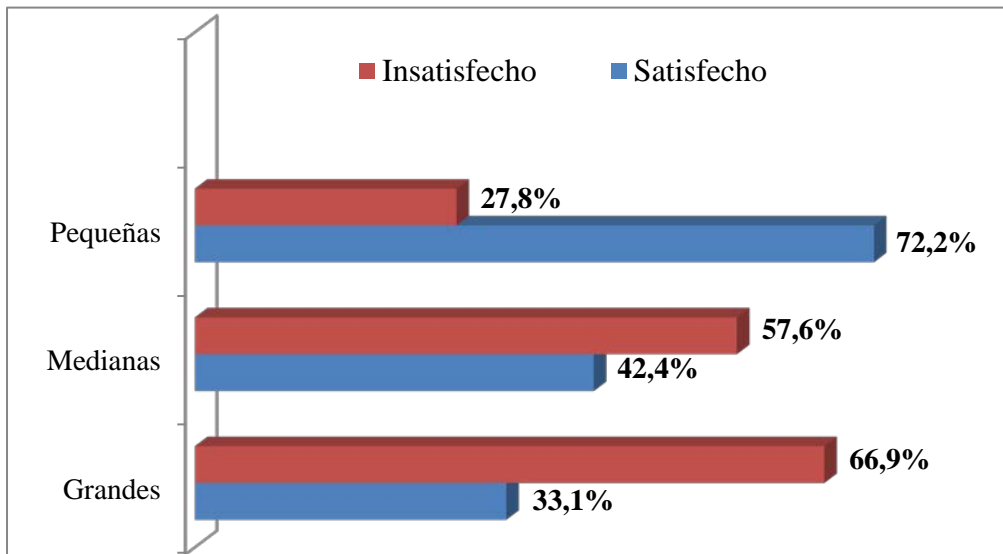


Figura 8: Nivel de satisfacción según tamaño de ciudad.

Esto habla de un claro malestar generalizado entre los pasajeros sobre las condiciones en las que funciona el servicio, las cuales se detallarán en concreto más adelante.

Uno de los aspectos más interesantes del trabajo realizado por CINEA es el siguiente: según lo determinado en la encuesta, el 65% de los entrevistados que hoy no utilizan el transporte público, optarían por utilizarlo **si mejoraran las condiciones del servicio** (UNTREF, 2011). Aquí nuevamente se hace evidente la gran necesidad por parte de los usuarios de una solución total o parcial a esta problemática: una mayor cantidad de pasajeros

del transporte público significa menos utilización del transporte privado, y por ende mejor aprovechamiento del espacio de circulación.

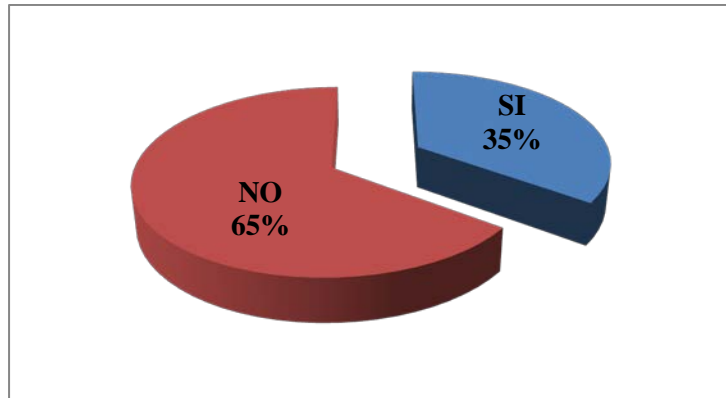


Figura 9: Intención de los usuarios de utilizar los MT si el servicio mejorara.

La solución propuesta

A continuación pasaremos a desarrollar los principales problemas para desplazarse utilizando el colectivo. En el estudio se detallan de la siguiente manera:

TABLA II: Principales problemas para desplazarse en colectivo (UNTREF, 2011).

PROBLEMÁTICA	PORCENTAJE DE USUARIOS
Mal estado de las unidades	23,3%
Impuntualidad	22,3%
Poca frecuencia/Pocas unidades	16,8%
Exceso de pasajeros	13,6%
Precio del pasaje o tarifa	10,0%
Inseguridad	3,6%
Lentitud	1,9%
Otros	4,5%
Ninguno	3,9%

De lo anterior se desprende que más del 50% de la insatisfacción de los usuarios se debe a problemas relacionados con necesidades de información insatisfechas (las resaltadas en el cuadro anterior en negrita). La solución propuesta, atacaría los problemas de

impuntualidad, exceso de pasajeros, lentitud y poca frecuencia/unidades, abarcando el 52,7% de la problemática percibida por los pasajeros. Este dato resulta determinante en nuestro análisis: se podría mejorar enormemente la calidad del transporte mediante la implementación de la solución, superando el **50% de mejora** en la satisfacción de los usuarios basándonos en estas cifras.

Más abajo, se presenta un mapeo entre las problemáticas planteadas y la funcionalidad del sistema propuesto que atiende cada problemática:

TABLA III: Mapeo entre las problemáticas planteadas y las funcionalidades del sistema.

Funcionalidad	1		3	4	5
Problemática	Distancia del destino a la ruta del colectivo	Proximidad del colectivo a la parada más cercana al usuario	Proximidad del usuario a la parada	Cantidad de pasajeros	Velocidad
Impuntualidad		X	X		X
Poca frecuencia o pocas unidades	X	X	X	X	
Exceso de pasajeros				X	
Lentitud					X

La explicación del cuadro anterior sería la siguiente:

- Impuntualidad:** Este problema sería atacado por la funcionalidad 2 en combinación con la 5, ya que al contar con la proximidad del colectivo a la parada y la velocidad a la que la unidad se está desplazando, se puede saber con gran precisión en qué momento exacto el colectivo va a estar en la parada. También contribuirá a atender esta necesidad la funcionalidad 3, ya que sabiendo qué tan lejos se encuentra la parada del usuario, se puede calcular con más precisión cuándo se debe llegar a la parada para no tener que pasar demasiado tiempo allí esperando al vehículo.
- Poca frecuencia/pocas unidades:** Esta problemática sería solucionada en gran medida por las funcionalidades 1 , 2 ,3 y 4 ya que al proveer al usuario con esta

información, el mismo podría tomar mejores decisiones respecto de qué colectivo tomar, lo cual conduciría a un mejor aprovechamiento de las unidades disponibles. La poca frecuencia, al contar especialmente con la funcionalidad 2, no representaría un inconveniente tan grande para el usuario ya que este no se vería obligado a esperar en la parada del colectivo durante tiempo indeterminado, y mediante la funcionalidad 4 sabría por anticipado que una determinada unidad no tiene espacio suficiente y que por lo tanto, probablemente no se va a detener a recogerlo.

- **Exceso de pasajeros:** El exceso de pasajeros es una problemática atacada en forma directa por la funcionalidad 4 (proximidad del usuario a la parada) ya que, mediante la provisión de información respecto a la cantidad de pasajeros presentes en la unidad, se permite al usuario elegir el colectivo con la menor cantidad de pasajeros a bordo, lo cual no solo mejora la experiencia del usuario sino que contribuye a una distribución más uniforme de los pasajeros dentro de los vehículos.
- **Lentitud:** Para solucionar esta problemática se implementará específicamente la funcionalidad 5, que proporcionará la velocidad de las unidades que se estén evaluando como candidatas. Con esta información, el usuario puede elegir la unidad que está viajando a mayor velocidad, lo cual depende no sólo de las características técnicas del vehículo sino también de los límites de velocidad y del estado del tránsito en la ruta del colectivo en cuestión. Toda esta información contribuirá a mejorar la experiencia del usuario con respecto a la velocidad de los vehículos.

En conclusión, existen necesidades de información no cubiertas. La solución propuesta abarca la mayoría (54,6% según el cuadro presentado más arriba) de la problemática en el uso del colectivo, brindando una potencial mejora muy significativa a la calidad del servicio, lo cual confirma la gran utilidad de los sistemas que serán descritos más adelante. Con esta información se puede enfocar, por ejemplo, el desarrollo del algoritmo de selección de la mejor opción de ómnibus ponderando más adecuadamente, basándonos en las tendencias detectadas en el informe.

A continuación, se presenta el estudio de factibilidad tecnológica de la solución propuesta, que muestra cómo y con qué limitaciones se implementarán las funcionalidades en cada una de las aplicaciones y componentes físicos que integran el sistema propuesto como solución.

Evaluación de factibilidad tecnológica

Resulta fundamental en todo proyecto tecnológico estudiar su factibilidad técnica. En el caso de la solución propuesta, esto tiene especial importancia ya que se hace uso de las últimas tecnologías disponibles para cada propósito, y algunas de estas pueden no presentar las características necesarias. En cada caso se evaluará el contexto y la tecnología propuesta para abordarlo, la situación actual de la misma y posibles caminos alternativos.

A continuación se mencionan las herramientas utilizadas para cada punto de la solución propuesta, y posteriormente se elabora cada una de ellas.

TABLA IV: Herramientas utilizadas para cada punto de la solución propuesta.

FUNCIONALIDAD	TECNOLOGÍA
Distancia del destino a la ruta del colectivo	Google Directions API / Fórmula de cálculo de distancia entre latitud y longitud
Proximidad del colectivo a la parada más próxima al usuario	Google Directions API / Google Places API / Fórmula de cálculo de distancia entre latitud y longitud
Cantidad de pasajeros	NUUO PC Based NVR o similar - Redes 3G
Proximidad del usuario a la parada más cercana	Google Directions API / Fórmula de cálculo de distancia entre latitud y longitud
Tráfico para el recorrido (o velocidad del colectivo)	Google Transit / Cálculo de velocidad en base a la posición en el tiempo
Transferencia datos	Redes móviles 3G
Aplicación Cliente	Android O.S. - Android Development Tools
Aplicación Servidor (Procesamiento)	Java (Web) – Servicio REST

Distancia del destino a la ruta del colectivo

Inicialmente se consideró que el cálculo de la distancia a recorrer se realizaría mediante Google Directions API. Según la documentación oficial, este servicio calcula las

direcciones entre dos ubicaciones utilizando un request de HTTP. Se puede buscar direcciones para varias formas diferentes de transporte, incluyendo transporte público, automóvil, bicicleta o a pie. Las direcciones pueden consistir de orígenes, destinos y puntos intermedios ya sea como cadenas de texto (por ejemplo "Recoleta, Buenos Aires" o "Constitución, Buenos Aires, Argentina") o como pares de coordenadas latitud/longitud.

Cada consulta enviada a la API de direcciones está limitada por el número de elementos permitidos, que se determina multiplicando el número de orígenes por el número de destinos.

La API de direcciones cuenta con los siguientes límites (Google, 2014):

- Cuando el medio de transporte es automóvil, a pie, o bicicleta, cada consulta cuenta como un request individual.
- Las búsquedas de transporte público cuentan como 4 requests diferentes.
- Las consultas individuales para automóvil, a pie, o bicicleta pueden tener hasta 8 puntos intermedios por consulta. No se pueden especificar puntos intermedios para el transporte público.
- Solo se pueden realizar 2 500 requests en un período de 24 horas.

Inicialmente se consideró que el límite de consultas sería suficiente para el propósito de la solución propuesta, ya que:

- Una consulta en nuestro caso siempre va a significar cuatro requests, ya que todas van a pertenecer a la categoría “transporte público”.
- Esto significa un máximo de 625 consultas diarias por dispositivo, o 26 consultas por hora o casi una consulta cada 2 minutos.

A su vez la respuesta HTTP conteniendo la información consultada es devuelta en el formato indicado mediante la bandera ‘output’ dentro de la URL del request. En nuestro caso el formato utilizado será un objeto “Javascript Object Notation” o JSON (Sriparasa, 2013), una de cuyas propiedades tiene el siguiente formato:

```

1 "distance": {
2   "value": 207,
3   "text": "0,1 km"
4 }

```

Figura 10: Propiedad del objeto JSON que contiene la distancia entre los puntos.

La unidad de medida es la del sistema métrico ya que otro de los parámetros del request a enviar es “Unit System”, cuyos valores posibles son “metric” e “imperial” (Google, 2014).

Sin embargo, durante la evaluación de este servicio se detectó un inconveniente con este desarrollo teórico: para determinar la proximidad de la ruta de un colectivo a un punto determinado, se debe evaluar, para varias líneas de colectivo, la proximidad de cada parada al punto determinado hasta encontrar la más cercana. Esto multiplica exponencialmente la cantidad de requests por cada consulta, ya que una ruta de colectivo tiene típicamente 140 paradas. Asumiendo el caso intermedio de que la parada más cercana se encuentre en mitad de la ruta, se va a calcular la proximidad para 70 paradas, lo cual según lo visto más arriba significa $70 \times 4 = 280$ requests por consulta. Esto representa un obvio problema ya que, con sólo 9 consultas en un día, el usuario podría potencialmente agotar sus requests diarios.

Por otro lado y al continuar con la investigación, se determinó que hay muchas zonas del Gran Buenos Aires donde no se dispone de la información de las rutas del transporte público mediante Google Directions API, con lo cual realizar dicha consulta sería directamente imposible para muchos casos.

La solución que se adoptó para esta problemática fue la de limitar los casos en los que se utiliza Google Directions API. Se decidió que se podía obtener la información de distancia de los puntos intermedios de la ruta con razonable precisión utilizando la fórmula matemática de cálculo de distancia entre dos pares latitud/longitud. La misma, denominada fórmula de Haversine, sirve en realidad para calcular la distancia de círculo máximo entre dos puntos (es decir, la distancia más corta sobre la superficie de la tierra) que da una distancia directa entre los puntos (De Smith, Goodchild & Longley, 2007). Se describe a continuación:

$$d_{ij} = 2R \sin^{-1} \left(\sqrt{\sin^2(A) + \sin^2(B) \cos \phi_i \cos \phi_j} \right)$$

donde: R es el radio de la tierra; los pares (ϕ, λ) son valores de latitud y longitud para los puntos en cuestión (en grados); $A = \frac{\phi_i - \phi_j}{2}$; y $B = \frac{\lambda_i - \lambda_j}{2}$.

La misma fórmula, implementada en el caso del sistema propuesto en el lenguaje Java,

se ve de la siguiente forma:

```

1 public static Double distanceFrom(Location loc1, Location loc2) {
2     double earthRadius = 3958.75;
3     double dLat = Math.toRadians(loc2.getLatitude()-loc1.getLatitude());
4     double dLng = Math.toRadians(loc2.getLongitude()-loc1.getLongitude());
5     double a = Math.sin(dLat/2) * Math.sin(dLat/2) +
6               Math.cos(Math.toRadians(loc1.getLatitude())) *
7               Math.cos(Math.toRadians(loc2.getLatitude())) *
8               Math.sin(dLng/2) * Math.sin(dLng/2);
9     double c = 2 * Math.atan2(Math.sqrt(a), Math.sqrt(1-a));
10    double dist = earthRadius * c;
11
12    int meterConversion = 1609;
13
14    return new Double (dist * meterConversion).doubleValue();
15 }

```

Figura 10: La fórmula de Haversine en código Java.

De esta forma, se minimiza la cantidad de requests. Para todos los cálculos intermedios, se utilizará la fórmula de distancia de Haversine para aproximar las distancias internamente; mientras que para presentar los resultados al usuario, se realizarán los cálculos de distancia final (en el orden de unas pocas unidades) utilizando la API (más precisa) de Google.

Proximidad del vehículo a la parada más cercana

Existe una API, también propiedad de Google y que resultaría óptima para obtener los datos de las paradas de colectivo, llamada Google Places API.

Google Places es un servicio que devuelve información sobre lugares (establecimientos, ubicaciones geográficas, o puntos de interés) mediante solicitudes HTTP. Las ubicaciones se especifican como coordenadas de latitud / longitud.

Uno de los servicios que brinda esta interfaz es el denominado “Places Search” (o “búsqueda de lugares”) y que permite, entre otras cosas, obtener una lista de las paradas de ómnibus en un determinado lugar, basándose en la ubicación del usuario o en una ubicación determinada. El servicio se accede mediante un request HTTP y devuelve una respuesta en formato XML o JSON, dependiendo de lo especificado por el usuario.

Las limitaciones de la interfaz son las siguientes (Google, 2014):

- Los usuarios identificados mediante tarjeta de crédito en la consola de la API pueden realizar hasta 100.000 consultas cada 24 horas.

- El servicio que sería utilizado por esta aplicación, denominado “Text Search” (“búsqueda de texto”) tiene un multiplicador de 10 por cada solicitud, lo cual nos permitiría 10000 consultas diarias.
- Esto sería suficiente para la aplicación productiva, ya que representaría 416 consultas por hora o 7 consultas por minuto.
- El servicio no tiene costo alguno.

Text Search, detallado más arriba, consiste en un servicio web que devuelve información sobre un conjunto de lugares basado en una cadena de texto, por ejemplo “estaciones de colectivo en Pompeya”. El servicio responde con una lista de lugares que coinciden con la cadena de texto y con cualquier información de ubicación que se haya establecido.

Una consulta a Places tiene el siguiente formato:

<https://maps.googleapis.com/maps/api/place/textsearch/output?parameters>

donde “output”, tal como se había detallado más arriba, puede tomar el valor “xml” o “json” (éste último devuelve una respuesta en formato JSON).

Los parámetros requeridos son tres: “query” (la cadena de texto a ser buscada), “key” (la clave para utilizar la API proporcionada por Google) y “sensor” (que especifica si la consulta viene de un dispositivo con un sensor de ubicación, tal como un GPS).

Además, se pueden especificar parámetros adicionales para filtrar los resultados. El que resulta de especial importancia en el caso de la solución propuesta es el parámetro “types”. Este parámetro restringe los resultados a los lugares que coincidan con al menos uno de los “tipos” especificados, y entre los tipos soportados se encuentra “bus_station”, que corresponde a las paradas de los colectivos.

Un ejemplo de respuesta de este servicio se presenta a continuación:

```

1 {
2   "results" : [
3     {
4       "formatted_address" : "529 Kent Street, Sydney NSW, Australia",
5       "geometry" : {
6         "location" : {
7           "lat" : -33.8750460,
8           "lng" : 151.2052720
9         }
10      },
11      "icon" : "http://maps.gstatic.com/mapfiles/place_api/icons/restaurant-71.png",
12      "id" : "827f1ac561d72ec25897df088199315f7cbbc8ed",
13      "name" : "Tetsuya's",
14      "rating" : 4.30,
15      "reference" : (código alfanumérico),
16      "types" : [ "restaurant", "food", "establishment" ]
17    }
18  ],
19  "status" : "OK"
20 }

```

Figura 11: Ejemplo de objeto JSON enviado como respuesta por Google Places API.

Por todo lo anterior, la interfaz parecería la solución ideal para obtener la proximidad de un vehículo a la parada más cercana, ya que una vez que se cuenta con la lista de las paradas para la ruta del vehículo en cuestión, solo resta calcular la distancia entre latitud y longitud. Esto, como se vio más arriba, se puede llevar a cabo fácilmente mediante la fórmula de Haversine y contando con la latitud y longitud de la ubicación de la unidad, que será proveída por el equipo celular que se encontrará a bordo de la misma.

Sin embargo, lamentablemente esta interfaz no cuenta aún con información referente a nuestro país con lo cual, en el corto plazo, no se puede utilizar como parte de la solución propuesta. Si bien se puede anticipar que la información va a estar disponible en un futuro cercano, a juzgar por el hecho de que la interfaz ya fue implementada en otros países de Latinoamérica como Chile y Brasil, por lo que se preparará la arquitectura de la aplicación para soportar esta funcionalidad y poder incorporarla en cuanto esté disponible.

Aun así, se hace imperioso contar con una forma de hacerse de esta información, incluso si la misma es de carácter provisorio. La solución que se adoptó ante esta problemática fue la carga manual de las latitudes y longitudes de las paradas de colectivo para las rutas seleccionadas, y el posterior cálculo intermedio de las distancias entre la ubicación del usuario y las paradas para determinar la más próxima utilizando la fórmula de Haversine. Posteriormente se calcula la distancia entre dicha parada o estación y la posición de las

unidades que recorren esa ruta (obtenida mediante los equipos celulares con GPS a bordo de las unidades).

Una vez que se cuenta con la unidad más próxima a la parada más próxima al usuario, se calcula la distancia definitiva entre los dos puntos utilizando la API de Google Directions, que permite obtener un valor más preciso.

Cantidad de pasajeros a bordo

La existencia de cámaras inteligentes con software de reconocimiento de patrones de imagen, como lo es el caso de “NUUO PC Based NVR (IP+)”, permite programar algo denominado “detección de eventos”. Este concepto consiste en “enseñarle” al software que procesa las imágenes de las cámaras un ejemplo de distintos “eventos” posibles, en nuestro caso “colectivo lleno, cargado y vacío”, por ejemplo. La gran ventaja de este tipo de tecnologías es que permiten, ante la aparición de uno de estos eventos, enviar una alerta vía IP (por ejemplo, un email) a través del software central que monitorea (en el caso de la NUUO, por ejemplo) hasta 64 de estas terminales por servidor, lo cual resulta ideal para nuestros propósitos. Además y como veremos más adelante, el sistema es muy flexible y eficiente en cuanto a costos, y soporta tanto como 30 marcas diferentes de cámaras IP/Megapíxel, con más de 520 modelos (NUOO, 2010).

Por último, y cabe también destacar, el sistema soporta la red celular 3G, lo cual lo hace ideal para cámaras sobre ómnibus. En cuanto a las cámaras, existe todo tipo de modelos que soportan la red 3G, como lo es el caso de Video Cámara 3G de Tecneg Security o la cámara IP7134 de Telcel, que envían las imágenes comprimidas especialmente para que las imágenes sean transmitidas vía esta red.

A continuación se presenta un esquema de lo descrito anteriormente:

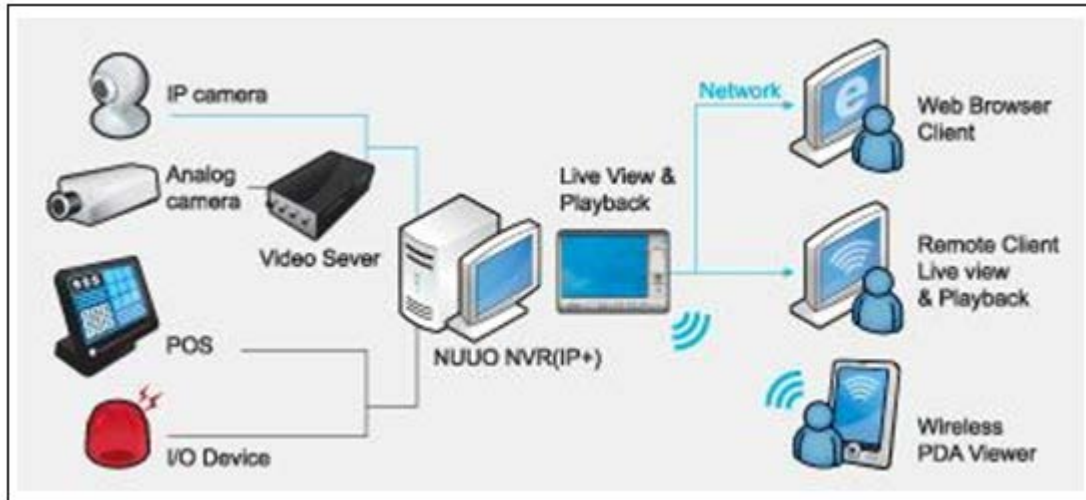


Figura 10: Esquema de sistema de monitoreo.

El sistema consiste de los siguientes componentes:

- Consola principal (servidor): Es el servidor principal de grabado de imágenes. Puede reproducir video en vivo y configurar el sistema. Sus funciones principales incluyen:
 - Transmisión de videos en vivo de múltiples cámaras IP y servidores de video IP.
 - Interfaz gráfica para el cronograma de grabado.
 - 6 detecciones de eventos y 10 respuestas de alarma instantáneas (tales como email y e-map).
 - Doble canal de reproducción con PTZ (pan/tilt/zoom) digital.
- Sistema de reproducción (cliente): El sistema de reproducción de video facilita y agiliza la búsqueda de registros mediante una característica denominada “búsqueda inteligente”.
 - El grabado de video recomprime la imagen a formato ASF/AVI.
 - La herramienta de mejora de video puede utilizarse para hacer más nítidas, aumentar el brillo o inclusive pasar las imágenes a escala de grises. Además cuenta con un sistema de “log” que mantiene un registro de todos los eventos que ocurrieron.
- Sistema de resguardo: Aplicación multi-canal de resguardo, fácil de utilizar, para

archivar audio y video local o remotamente. Los sistemas de resguardo NUOO pueden además tomar fotos de las grabaciones y almacenarlas por separado.

- Visor remoto en vivo (cliente): El cliente de visor remoto soporta 64 canales por monitor y puede mostrar hasta 128 cámaras en sistemas de doble monitor. Puede reproducir video en vivo de múltiples servidores NUOO (NVR, DVR, NDVR, NVRMini) simultáneamente. El visor remoto también presenta las características de control de PTZ, e-map y panel de entrada/salida.
- Sistema de reproducción remoto (cliente): Similar al sistema de reproducción, pero que funciona en forma remota.
- Sistema de resguardo remoto: Similar al sistema de resguardo, pero que funciona en forma remota.
- Visor web/mobile (cliente): El cliente web de NUOO puede tanto reproducir video en vivo (64 canales) como grabaciones (16 canales) en un servidor remoto.
- NUOO Central Management System (CMS): Solución integral para monitoreo de central de canales para proyectos de gran escala y proyectos con múltiples sitios. Compatible con todos los servidores de NUOO (NVR, DVR, NDVR y NVRmini).

Aplicada al proyecto en cuestión, esta tecnología sería utilizada de la siguiente manera: a bordo de cada unidad, se deberá contar con una cámara IP, que deberá formar parte de la lista de cámaras IP compatibles con NUOO PC Based NVR (IP+). Esta cámara simplemente deberá transmitir una imagen del interior del vehículo (con una frecuencia que deberá ser calibrada para lograr la óptima relación entre generación de tráfico de datos y necesidad de actualización de la información).

Esta imagen será recibida por la consola principal de grabado, que utilizará el software de detección de eventos que incorpora para determinar si el colectivo pasa del estado “vacío” a “cargado”, por ejemplo.

Por último, esta información se enviará a una base de datos mediante un web service, donde se actualizará el estado de dicha unidad para que esa información se encuentre disponible en el momento en que el usuario efectúe una consulta.

Transferencia de datos

La transferencia de datos se realizará mediante la red celular 3G. La dependencia en la tecnología actual de la solución propuesta pasa por dos puntos. Uno de ellos, la velocidad de transferencia, será discutida más adelante. La otra necesidad en este aspecto pasa por el área de cobertura de la red de datos. Lamentablemente, la misma se limita principalmente al área metropolitana, es decir la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y alrededores.

A continuación se presentan los mapas de cobertura de las tres principales empresas proveedoras de servicios de telecomunicaciones dentro de la provincia, que, como podemos ver, está lejos de cubrir la totalidad de la provincia.

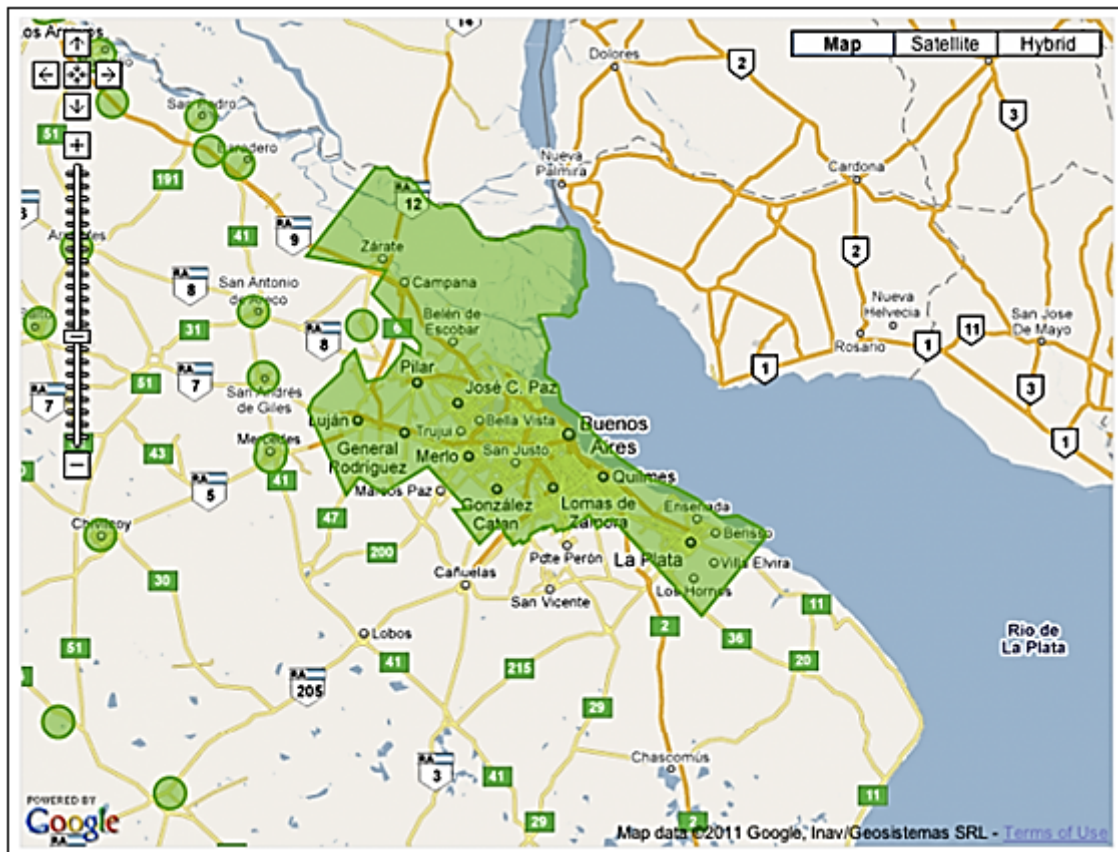


Figura 11: Cobertura 3.5G Movistar (Movistar, 2014).

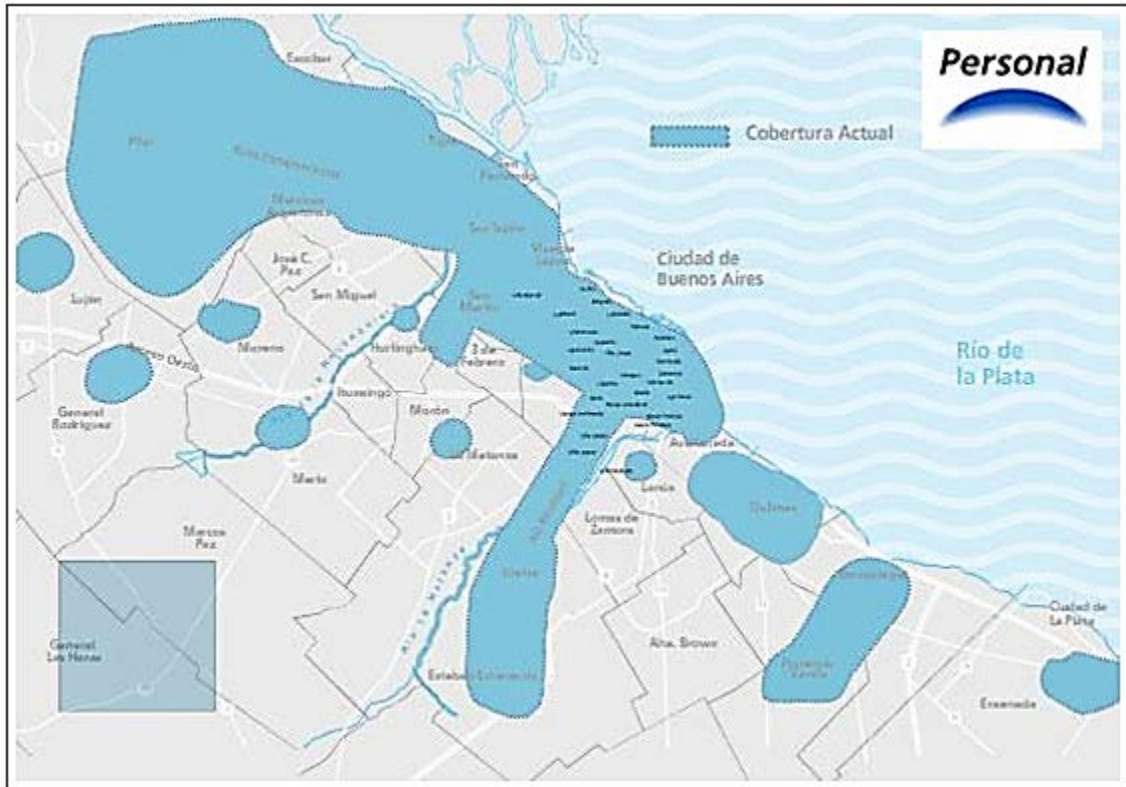


Figura 12: Cobertura 3G Personal (Personal, 2014).



Figura 13: Cobertura 3G Claro (Claro, 2014).

El área de cobertura es bastante similar entre las tres empresas, cubriendo la totalidad de la Capital Federal y gran cantidad de los municipios donde reside la población que viaja

todos los días a la Ciudad. Esto es un importante limitante y un punto determinante en el desarrollo de nuestra solución, ya que nos obliga a “recortar” el contexto del sistema a viajes intra-metropolitanos.

La decisión tomada respecto de esta situación es que se deberá tener en cuenta sólo el área cubierta actualmente en el momento de implementar la solución en un primer momento pero, durante la definición de la arquitectura, esta deberá contemplar la posibilidad de escalar hasta lo que se propone, es decir la totalidad de la provincia de Buenos Aires.

El otro inconveniente resulta de que la velocidad de la red 3G disminuye con la velocidad, y se vuelve inviable la transmisión una vez que el vehículo está viajando a más de 100 km/h en zonas urbanas. Esto no debería ser relevante para nuestro estudio ya que la velocidad máxima permitida para este tipo de transporte es de 80 km/h, pero este no es siempre el caso en la realidad. De todos modos, la transmisión se recupera automáticamente una vez que el vehículo aminora la velocidad, con lo cual en principio sólo tendría un impacto de retardo (delay) en la información que utilizará el algoritmo.

Aplicación cliente

La aplicación que se utilizará del lado del cliente será móvil, y estará basada en la plataforma Android. Las razones detrás de estas dos decisiones son claras. En primer lugar, la decisión de que sea una aplicación para celulares se tomó en función de aprovechar las características actuales de las comunicaciones en el país. Según la última información al respecto, obtenida en el año 2011 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el 73,6% de la población urbana de 10 años y más utiliza celular (INDEC, 2012). Esta cifra demuestra la extendida utilización de estos dispositivos en el país, y a esto debemos sumarle que Argentina está empezando a mostrar una fuerte adopción de “smartphones”, según indicó Google en las conclusiones publicadas en su informe “Our Mobile Planet” sobre el comportamiento de los consumidores de smartphones en Argentina. En ese sentido, sostiene que un 31% de los argentinos es poseedor de un smartphone, frente a un 20% de los mexicanos y un 14% de los brasileños (Google, 2013). Esto evidencia un mercado muy propicio para cualquier tipo de aplicación móvil, y queda claro que una gran parte de la población podría beneficiarse de una aplicación cliente en esta plataforma.

La ventaja de esto es que las personas pueden disponer en cualquier momento de la herramienta, esto resulta clave y un factor de diferenciación fundamental respecto de

cualquier otra solución existente: los usuarios contarán con la posibilidad de conocer sus opciones de viaje **respecto del lugar en el que se encuentran**, teniendo en cuenta esta variable en el algoritmo para determinar el mejor recorrido, en lo que respecta a la proximidad a la parada del colectivo por ejemplo.

El motivo por el que se eligió el sistema operativo Android entre las alternativas posibles también es un tema tanto funcional como concordante con la actual situación de los usuarios: en la Argentina predominan los "smartphones" con tecnología Google Android en un 30%, por un lado (Econsultancy, 2013); por otra parte, la mayoría de los servicios de los cuales se obtendrá la información necesaria para el algoritmo propuesto son servicios de la empresa Google (propietaria del sistema operativo en cuestión), y como consecuencia lógica de esto la compatibilidad con los mismos es óptima. La conectividad se da a través de APIs (Application Programming Interfaces, Interfaces de Programación de Aplicaciones) publicadas en la web por Google, y son muy eficientes. Por último, la gran ventaja de trabajar con el sistema operativo Android es la posibilidad de utilizar una sencilla librería, "Google-api-client.jar", que contiene agrupadas y actualizadas todas las APIs de las que el sistema propuesto hará uso.

Los servicios en cuestión son Google Directions, que fue descripto previamente; Google Transit, para el cual Android también cuenta con una API especializada, ofrecida por Google para acceder a los datos de tiempos, rutas y planes de viaje, todos ellos relativos al transporte público. Por último, también se utilizará Google Places API, ya explicada anteriormente al principio de esta sección. En resumen, Las APIs son las siguientes:

- Google Directions API
- Google Places API
- Google Transit API

El desarrollo de la aplicación propiamente dicha se realizará utilizando el entorno integrado de desarrollo (IDE) Eclipse, en combinación con un agregado desarrollado por Google que provee varias herramientas para hacer más fácil el desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma Android, denominado "Google Developer Tools".

La aplicación cliente constará de dos "modos". Uno de ellos, será utilizado por los equipos que son llevados a bordo de cada unidad para transmitir su ubicación geográfica mediante GPS. El otro modo, será el que estará disponible para los usuarios que descarguen la

aplicación mediante Google Play Store y permitirá a los mismos realizar las consultas sobre la mejor ruta para el viaje que deseen realizar.

Esto permitirá tener virtualmente dos aplicaciones diferentes, aunque la tecnología subyacente para ambas será la misma. El prototipo cuenta con estos dos modos implementados haciendo uso del concepto de “Activity” de Android. Una actividad es simplemente una clase de Java que extiende de la clase “android.app.Activity”. En nuestro caso se utilizará la clase “android.support.v4.app.FragmentActivity” ya que de esta forma se asegura la compatibilidad de la aplicación con la versión 2.1 en adelante del sistema operativo Android (Google, 2014).

En lo que respecta a la actividad que será utilizada por los equipos a bordo de cada unidad, su funcionamiento será relativamente sencillo. La actividad instanciará, mediante el método “onCreate” (que se ejecuta cada vez que se crea un objeto de la clase “FragmentActivity”) un objeto de la clase “LocationClient”. Esta clase, una vez conectada a Google Location Services mediante el método “connect”, se encarga de obtener y actualizar la ubicación del equipo en cuestión (Google, 2014).

Esto permite utilizar el método “onLocationChanged” de la interfaz “LocationListener”, que será implementada por la misma. El mismo es invocado automáticamente cada vez que “LocationClient” actualiza la ubicación (latitud y longitud) del equipo y ésta resulta ser diferente del valor anterior. El método “onLocationChanged” recibe como parámetro un objeto “Location” que contiene los últimos valores recuperados de latitud y longitud del equipo, que serán enviados (junto con el tiempo en milisegundos en el momento de la ejecución y el ID de la unidad) a la dirección HTTP del servicio publicado por la aplicación servidor. Esta transmisión se realizará mediante una tarea asíncrona que utilizará la clase “org.apache.http.HttpClient” para establecer la comunicación, y el servicio invocado utilizará estos datos para almacenar la ubicación de la unidad informada.

Para el caso de la actividad que utilizará el usuario final, funcionará de forma similar, lo cual permitirá reducir el tiempo de desarrollo de la segunda actividad, re-aprovechando el código de la primera. La diferencia será que el servicio invocado, lógicamente, será otro, y la información transmitida consistirá de dos partes: por un lado, se deberá enviar la latitud y la longitud del equipo que efectúa la consulta, de manera similar a la actividad descrita anteriormente; y por otro lado, el cliente transmitirá los pesos que, según su configuración, atribuye a cada factor determinante de la ruta (tráfico, distancia, etc). El objetivo de esto

último es personalizar el cálculo de la mejor ruta en base no sólo a criterios objetivos, sino también a las preferencias del usuario, contribuyendo aún más al objetivo principal del proyecto (mejorar la experiencia del usuario del transporte público).

Luego de enviar la consulta, la última tarea de la actividad utilizada por el usuario será interpretar la respuesta HTTP enviada por el servidor. La misma tendrá el formato de un objeto JSON que contendrá la siguiente información:

- Nombre de la mejor ruta (ej.: “148 C - Capilla”)
- Ubicación de la parada más cercana
- Distancia entre el colectivo más próximo y la parada
- Tiempo estimado de llegada a la parada

Se considera, en principio, que estos son los datos más relevantes para el usuario final. Sin embargo, se adopta la arquitectura descrita más arriba entre otras cosas porque con una simple modificación del objeto JSON enviado por el servidor se puede incluir cualquier otra información que se desee, conservando al mismo tiempo un mensaje liviano que genera poco tráfico.

Aplicación servidor (procesamiento)

La aplicación servidor, que se encontrará en la central de las distintas líneas, presentará una interfaz basada en tecnologías Java Web conectada a una base de datos, y su función principal será la de procesar los datos recibidos sobre la cantidad de pasajeros a bordo del colectivo, y ponerla a disposición de la aplicación cliente para que la use como parte de su algoritmo.

En este sentido, la aplicación mantendrá una base de datos que será accedida por la aplicación cliente para obtener, principalmente, la información respecto del estado en el que se encuentra el vehículo en cuestión en lo relativo a cantidad de pasajeros. La ventaja de este enfoque es que de esta forma, se permite continuar escalando el sistema agregando otras informaciones a la base que se consideren pertinentes en el futuro tales como, por ejemplo, una notificación de cambios de recorrido para los usuarios o una forma alternativa de calcular el estado del tráfico mediante el almacenamiento de la longitud y latitud en dos momentos próximos en el tiempo y su posterior comparación.

En principio, la aplicación web se limitará a publicar dos servicios web RESTful: uno recibirá la información de la ubicación del usuario y los pesos que deberá asignar a cada factor en el cálculo de la mejor ruta; mientras que el otro servirá para actualizar la ubicación y velocidad de las unidades que están circulando.

Desde el punto de vista de la arquitectura de la aplicación, la misma será implementada utilizando el modelo de tres capas (presentación, lógica y datos):

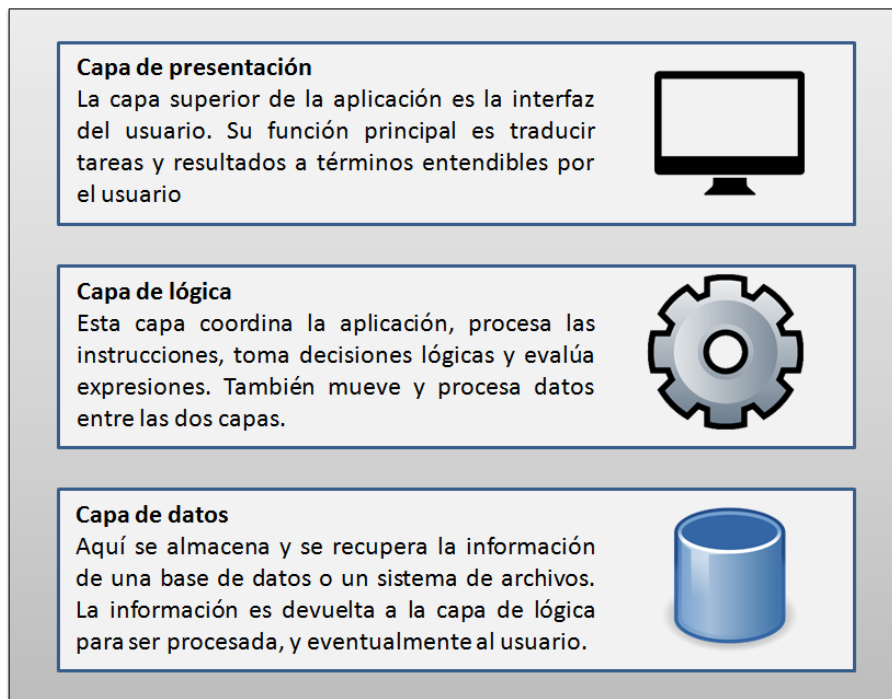


Figura 14: Esquema del modelo de tres capas.

Esta arquitectura para aplicaciones cliente-servidor separa la interfaz del usuario, la lógica de la aplicación (reglas del negocio) y el acceso y almacenamiento de los datos.

Se eligió este modelo porque, además de las ventajas habituales del software modular con interfaces bien definidas (mantenimiento más sencillo, escalabilidad, etc.), esta arquitectura presenta la posibilidad de reemplazar cualquiera de las capas por otra en respuesta a los cambios en los requerimientos o tecnológicos (Satzinger, Jackson & Burd, 2011).

En el caso particular de esta implementación, la capa de datos (acceso y almacenamiento) será implementada utilizando Hibernate en conjunto con JPA (Java Persistence API), dos tecnologías de Java muy útiles para administrar el mapeo objeto-relacional, es decir la adaptación de los datos en formato de objetos (Java) para ser

almacenados en una base de datos relacional (en nuestro caso MySQL).

En lo que respecta a la capa de presentación y lógica, se utilizará otro patrón arquitectónico denominado Model-view-controller (Modelo-vista-controlador) o MVC (Bourne, 1992):

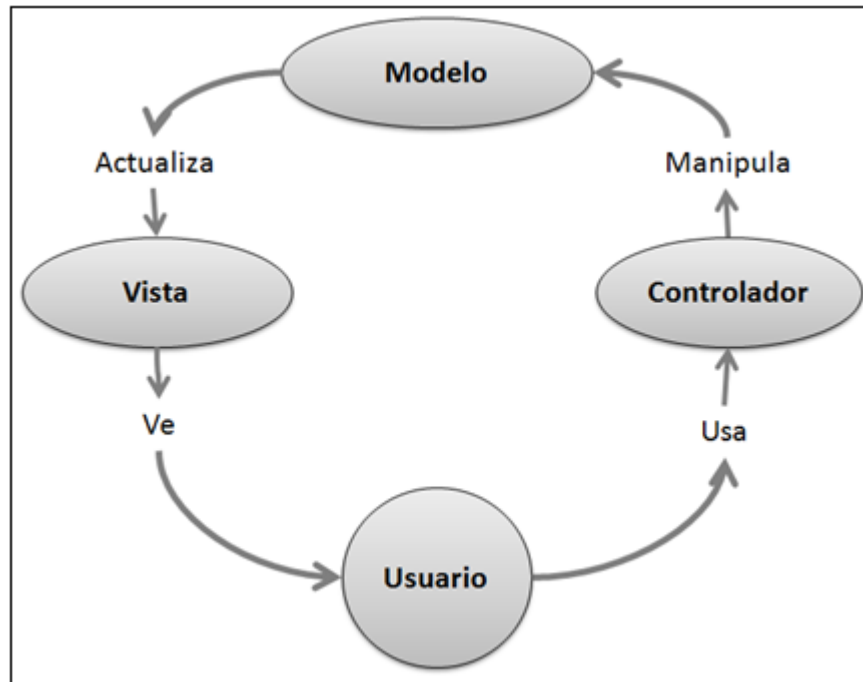


Figura 15: Esquema de la arquitectura MVC.

Este patrón implementa las dos de presentación y lógica capas mediante tres componentes:

- **El modelo notifica a sus vistas y controladores asociados cuando ha habido un cambio de estado. Esta notificación permite a las vistas actualizar su presentación, y a los controladores cambiar la lista de instrucciones disponibles.**
- **La vista es provista por el controlador de toda la información que necesita para generar la representación de la salida al usuario. También puede proveer mecanismos genéricos para informar al controlador que el usuario ingreso datos.**
- **Un controlador puede instruir al modelo que actualice su estado (por ejemplo, que cambie un valor). También puede enviar instrucciones a su vista asociada para que cambie su representación del modelo (por ejemplo, que actualice un valor mostrado en pantalla).**

El principal beneficio de utilizar este modelo es que resulta ideal para aplicaciones web, como es el caso de la aplicación servidor. La tecnología utilizada para implementar este patrón será Spring, un marco de trabajo desarrollado en java, que permite estructurar la aplicación de manera organizada y optimizar ciertos aspectos del desarrollo que no hacen a la lógica de negocio. Además, facilita la integración con otras tecnologías, como es el caso de Hibernate/JPA y junit, que será utilizado para confeccionar y ejecutar las pruebas unitarias.

Por último, se presenta a continuación el diagrama de clases de la aplicación en cuestión:

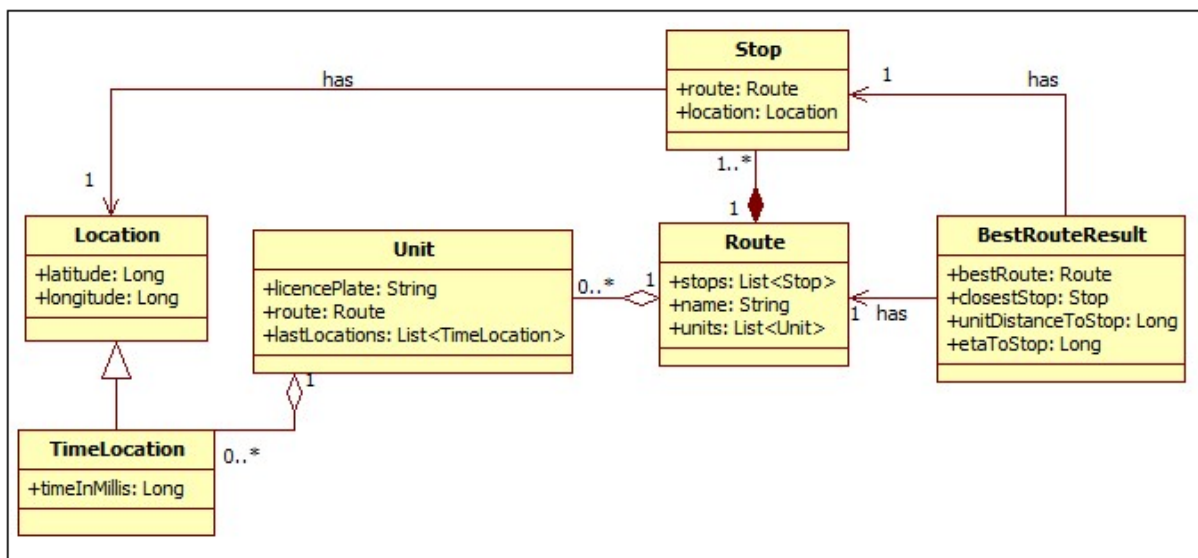


Figura 16: Diagrama de clases de la aplicación servidor.

Se considera que las clases que figuran en el diagrama son las necesarias para proveer las funcionalidades requeridas. En particular, la clase “BestRouteResult” representará la salida que será transformada en un objeto JSON y devuelta al usuario como respuesta a una solicitud de cálculo de ruta óptima.

Ubicación del colectivo

La ubicación del colectivo será proveída mediante un celular Samsung Galaxy Pocket a bordo de cada vehículo equipado con el sistema operativo Google Android y con recepción de GPS activada. Con esta tecnología (costo cero a excepción del equipo y el plan de datos) es suficiente para obtener satelitalmente la ubicación de cada unidad necesaria para el algoritmo. Para obtener esta ubicación a través de la aplicación se utilizará, como se explicó más arriba, la clase integrada “LocationClient”. Como se mencionó, una vez conectada esta clase a Google Location Services (utilizando el método “connect”), se puede recuperar la ubicación

del equipo en cuestión cuantas veces sea necesario.

También se mencionó anteriormente el método “onLocationChanged” de la interfaz “LocationListener”. El mismo, como fue descripto, es llamado en forma automática ante cada cambio de ubicación efectuado por “LocationClient”. De esta forma, se enviará el objeto “Location” recibido como parámetro por “onLocationChanged” (y que está compuesto por los últimos valores obtenidos de latitud y longitud del dispositivo), en conjunto con la hora en milisegundos en ese momento (ya que será necesaria para realizar cálculos del lado del servidor) y el número de identificación de la unidad a la URL del servicio de “cálculo de la mejor ruta” publicado por la aplicación servidor.

Proporcionar este dato será la principal función de la aplicación cliente instalada en los equipos a bordo de cada vehículo. No se tratará en esta sección la factibilidad de la transmisión de datos ya que se definió anteriormente que a la velocidad y en los lugares por los que circulan los colectivos del área metropolitana esta no debería ser una restricción.

Una vez que la aplicación servidor recibe esta información, lo que procederá es a almacenarla junto con las 20 anteriores (o las que resulten ser necesarias, cuyo número definitivo surgirá probablemente de la etapa de pruebas de desempeño). Además, estas ubicaciones serán registradas junto con la hora (en milisegundos, para mayor precisión) en que fueron enviadas. Esto es necesario debido a la naturaleza de las tecnologías de telecomunicaciones que intervienen en la comunicación entre la aplicación cliente y la aplicación servidor, y se tratará de explicar a continuación, de la forma más breve posible, este concepto.

La comunicación se da a través de un servicio REST (Transferencia de Estado Representacional, Representational State Transfer) que utiliza el protocolo de aplicación HTTP (Protocolo de Transferencia de Hipertexto, Hypertext Transfer Protocol). Este mensaje es a su vez encapsulado en un paquete TCP (Protocolo de Control de Transmisión, Transmission Control Protocol) que es transmitido sobre una red UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, Universal Mobile Telecommunications System). Esto conduce a tres potenciales dificultades:

- **Los segmentos TCP pueden llegar desordenados:** Esto se debe a que, si bien TCP garantiza el orden de los segmentos poniendo como condición para el envío del siguiente segmento el recibimiento de un mensaje ACK (reconocimiento,

acknowledgement), cada invocación al servicio REST representa una sesión TCP distinta. Por lo tanto, el mecanismo de TCP (o de cualquier otro protocolo de transporte) para asegurar el orden de los segmentos no es de utilidad en este caso, y será necesario que los datos de la ubicación sean acompañados de un indicador de tiempo para saber cuál se envió último, entre otras cosas.

- **Los segmentos TCP pueden llegar tarde:** Nada puede garantizar que los paquetes UMTS no lleguen con un cierto retardo (delay). En particular, en este caso esto seguramente ocurra con frecuencia, ya que aún en las zonas donde en teoría existe plena cobertura, la conexión con la red UMTS suele perderse y el servicio de datos es sustituido por la red GSM/GPRS, cuya velocidad de subida sobre un vehículo en movimiento no será suficiente para realizar la transmisión. En muchos casos, la conexión se recuperará rápidamente, antes de recibir un mensaje de tiempo de espera agotado (timeout) del protocolo HTTP, y la ubicación se transmitirá posiblemente demasiado tarde. Si el tiempo transcurrido desde el intento de envío supera un determinado plazo, la ubicación deberá ser descartada ya que dejaría de ser útil (quedaría obsoleta como “ubicación actual”), y para determinar este caso será necesario el indicador de tiempo.
- **Los segmentos TCP se pueden perder:** Si en el caso detallado en el punto anterior la conexión no llegase a recuperarse antes de recibir un timeout de HTTP, esa ubicación ya no llegaría a destino. Por lo tanto, es importante transmitir la ubicación junto con un indicador de tiempo que sirva, por ejemplo, para determinar cuándo ha transcurrido demasiado tiempo desde la última vez que se recibió información, y deshabilitar esa unidad para el cálculo de la mejor ruta.

Por último, aún sin tener en cuenta los posibles problemas de conexión, resulta fundamental transmitir el tiempo junto con la ubicación para poder calcular la velocidad de la unidad (y utilizarla como estimador de tráfico) utilizando la fórmula básica de cinemática que define la velocidad como el diferencial de posición dividido por el diferencial de tiempo.

Proximidad del usuario a la parada

De forma similar a algunas de las informaciones anteriores, el dato de la proximidad del usuario a la parada del colectivo en cuestión se puede obtener de manera sencilla, mediante Google Maps Android API v2 (para la posición del usuario), Google Directions API (para la distancia) y Google Transit API (para las latitudes y longitudes de las paradas de cada ruta). El cálculo es bastante intuitivo, y consiste en obtener la posición del usuario a partir de Maps (en forma de latitud y longitud, y para lo cual el usuario debe activar necesariamente el servicio “Mi ubicación”, previa solicitud de autorización por parte del sistema operativo de su equipo). La información de la ubicación del usuario se obtiene a partir de la clase LocationClient, presente en la librería Google Play Services que contiene el resto de las clases para interactuar con la API de Google Maps. Esta clase contiene dos atributos “latitude” y “longitude”, en formato de punto flotante.

Esos valores (latitude y longitude) representan la latitud y la longitud respectivamente, en grados. La latitud es medida desde el ecuador, con valores positivos hacia el norte y negativos hacia el sur. La longitud es medida desde el Meridiano de Greenwich, con valores positivos hacia el este y valores negativos hacia el oeste.

Estas coordenadas nos pueden ser útiles, como en este caso, para calcular distancias entre dos puntos. Sin embargo, en otras ocasiones vamos a querer saber por ejemplo que calle y que altura representan esa ubicación, de qué ciudad y de qué país. Este trabajo es realizado por Google Directions API, que se encarga de convertir direcciones (como “Callao 410, CABA, Argentina”) en coordenadas geográficas (latitud 37.42302 y longitud -122.08373) y viceversa, mediante una sencilla petición via HTTP.

Google Transit nos proporciona la latitud y longitud de las paradas de los colectivos mediante la especificación GTFS (Especificación General de Notificación de Tránsito, General Transit Feed Specification) descrita con mayor detalle en la próxima sección, con lo cual sólo es necesario ingresar estos dos valores en Google Directions API y obtendremos así la distancia (Google, 2014).

El formato de un “feed” GTFS es el que se observa en el siguiente ejemplo:

```

s1,Mission St. & Silver Ave.,The stop is located at the southwest
corner of the intersection.,37.728631,-122.431282,,
s2,Mission St. & Cortland Ave.,The stop is located 20 feet south
  
```

```

of Mission St.,37.74103,-122.422482,,
s3,Mission St. & 24th St.,The stop is located at the southwest
corner of the intersection.,37.75223,-122.418581,,
s4,Mission St. & 21st St.,The stop is located at the northwest
corner of the intersection.,37.75713,-122.418982,,
s5,Mission St. & 18th St.,The stop is located 25 feet west of 18th
St.,37.761829,-122.419382,,
s6,24th St. Mission Station,37.752240,-122.418450,

```

Figura 12: Ejemplo de un “feed” GTFS.

Como se observa, cada línea tiene el siguiente formato para la información de cada parada:

<id>,*<nombre>*,*<descripción>*,*<latitud>*,*<longitud>*,*<url(opcional)>*,*<tipo_de_lugar>*,*<estacion_padre>*

Lamentablemente, como ocurre con otras tecnologías ya descritas, el servicio de Google Transit no está disponible aún en el territorio argentino (Google, 2014). Si bien esta es la situación actual, la disponibilidad de este servicio en otros países de la región, como Chile y Brasil, indica que es simplemente cuestión de tiempo hasta que se pueda consumir también en nuestro país. Por lo tanto, y como se explicó en otros casos, resulta fundamental preparar la arquitectura del sistema, en este caso de la aplicación servidor, para poder integrar este servicio como proveedor de la ubicación de las paradas de ómnibus.

De todas formas, la información puede ser provista en forma provisional por una base de datos propia del sistema, y creada para éste fin, que contenga las coordenadas de latitud y longitud de las paradas de cada ruta.

Tráfico para el recorrido

El objetivo de esta variable es introducir, dentro del cálculo ponderado de la mejor ruta, el estado del tráfico en una vía determinada.

Google Transit, a través del sitio “PublicFeeds” de code.google.com, provee varios recursos para trabajar con datos del transporte público. Como se mencionó en la sección previa, su uso es muy sencillo: existe un formato estandarizado, denominado GTFS, que establece las pautas que deben seguir las agencias (en nuestro caso, el Ministerio de Transporte de la Nación, por ejemplo) para subir este tipo de información y formar parte de

los “feeds” de Google Transit. La ventaja que nos otorga esto son claras: podemos procesar la información obtenida mediante este medio muy fácilmente ya que todos los feeds o porciones de información tienen la misma “forma”. En especial, existe una extensión de este formato, “GTFS-realtime”, que se utiliza para intercambiar información de tránsito en tiempo real. Esto sería lo que utilizaríamos en la herramienta. Desafortunadamente y como ya se mencionó, la investigación tecnológica reveló que actualmente Google Transit no posee cobertura en nuestro país, pero ya existe en países de la región como Chile (Transantiago, 2013), por lo cual la arquitectura deberá contar con la posibilidad de agregar esta funcionalidad cuando sea posible.

Una vez que se encuentre implementado el estándar GTFS-realtime de Google Traffic, contaríamos con los “Service Alerts” (“Alertas de Servicio”), que son feeds del tipo “La parada Y no está disponible por obras de construcción”. Esto nos permitiría sacar un cálculo más aproximado y “realista” del estado del tráfico a lo largo de la ruta que tendrá que atravesar el vehículo.

Opcionalmente, cuenta además con los siguientes parámetros:

- **URL:** Link a un sitio con más información
- **Texto de cabecera:** La alerta descrita en pocas palabras.
- **Descripción:** Una descripción más completa que la del texto de cabecera (no debería repetir información).
- **Rango de tiempo:** La alerta será mostrada cuando sea apropiado según el rango horario. Este rango debería cubrir todo el tiempo que la alerta será útil para el pasajero. Si no se proporciona ninguna información sobre tiempo, se mostrará la alerta durante todo el tiempo que esta esté en el feed. Si se proporcionan múltiples rangos, se cubrirán todos ellos.
- **Selector de entidades:** El selector de entidades permite especificar con exactitud que partes de la red de transporte son afectadas por esta alerta, tal que sólo se mostrarán las más apropiadas para cada usuario. Puede incluirse múltiples selectores de entidad para alertas que afecten a múltiples entidades. Las entidades son seleccionadas utilizando sus identificadores GTFS, y puede seleccionarse cualquiera de las siguientes:

- **Agencia:** Afecta a la red completa.
- **Ruta:** Afecta a la ruta completa.
- **Tipo de ruta:** Afecta a cualquier ruta de este tipo. por ejemplo: todos los subtes (esto sería especialmente útil para nosotros, ya que nos permitiría “filtrar” las alertas por sólo para colectivos).
- **Viaje:** Afecta un viaje en particular.
- **Parada:** Afecta una parada en particular.
- **Causa:** ¿Cuál es la causa de la alerta? Pueden especificarse las siguientes:
 - Causa desconocida.
 - Otra causa (no representada por ninguna de estas opciones).
 - Problema técnico.
 - Huelga.
 - Manifestación.
 - Accidente.
 - Vacaciones.
 - Clima.
 - Mantenimiento.
 - Construcción.
 - Actividad policial.
 - Emergencia médica.
- **Efecto:** ¿Qué efecto tendrá esta alerta en la entidad especificada? Pueden especificarse los siguientes:
 - Corte del servicio.
 - Servicio reducido.
 - Demoras significativas.

- Desvío.
- Servicio adicional.
- Servicio modificado.
- Cambio de lugar de una parada.
- Otro efecto (no representado por ninguna de estas opciones).
- Efecto desconocido.

Todas estas variables recién podrán ser tenidas en cuenta para la estimación una vez que se habilite el servicio de Google Transit en nuestro país.

Como forma alternativa (aunque menos óptima) para contar con esta información, podemos realizar un cálculo numérico básico que nos provee una estimación de la densidad del tránsito en la ruta por la que se está desplazando un vehículo determinado mediante la siguiente fórmula:

$$D = \frac{x_t - x_{t-1}}{t} \left(\frac{1}{r} \right)$$

Pasamos a explicar los parámetros del cálculo anterior:

- x_t : Posición del vehículo (latitud y longitud) en el momento de la consulta.
- x_{t-1} : Posición del vehículo almacenada en el momento (T actual - Unidad Tiempo).
- t : Medida de tiempo que se establece para la medición, por ejemplo, un segundo.
- r : Un valor de referencia de una ruta en funcionamiento normal. Nos permite obtener un índice contra el cual comparar el valor actual, para entender su significado.

Evaluación de factibilidad operativa

Para poder implementar la herramienta propuesta se verán afectados, como sucede con cualquier cambio de alto impacto, algunas cuestiones estructurales y operativas de las líneas de ómnibus. Esta sección consiste básicamente en analizar dos aspectos: qué modificaciones habrá que introducir en la forma habitual de operar de la empresa (nuevas responsabilidades, nuevos equipos, capacitaciones, etc.), por un lado; e identificar los posibles riesgos que deben ser tenidos en cuenta antes de comenzar el proyecto y las acciones recomendadas para cada uno.

Una de las principales modificaciones que habrá que introducir será la de asignarle un equipo celular a cada unidad, que deberá contar con el sistema operativo Android. Se deberá asignar a cada una un código identificador que será el utilizado por la empresa para identificarla unívocamente, y estará asociada al mismo en los registros correspondientes. Según se relevó, en el caso de la línea 98 por tomar un ejemplo, se cuenta con un registro en la forma de una planilla de cálculo de Microsoft Excel donde cada unidad se encuentra identificada por su dominio. Cada una tiene una serie de campos asociados con distinta información, y en este sentido sólo nos correspondería agregar un campo con el nombre del identificador para la aplicación.

Este identificador se encontrará también asociado al identificador único utilizado actualmente por la empresa para cada vehículo, en la base de datos de nuestra aplicación servidor. La misma se deberá implementar en la central de cada línea, y nos proveerá, al menos en un primer momento, de distintos datos de los que necesitaremos hacer uso, tales como la posición actual de una determinada unidad, el estado del tránsito en la vía por la que está circulando, la cantidad de pasajeros, etc. Como se describió anteriormente, esta aplicación se ocupará de centralizar el procesamiento de datos, pero su operación será automática, al menos en una primera etapa. Esto es una prioridad fundamental de la propuesta, ya que el objetivo es que la herramienta sea lo menos intrusiva y costosa posible. Al no tener que disponer en absoluto de personal adicional (que además debería contar con cierto grado de calificación para poder operar una aplicación informática y su base de datos) se incrementa enormemente el grado de predisposición a adoptar la solución, principalmente por dos motivos:

- Casi no se introduce costo adicional (a excepción de los planes de datos de bajo

costo).

- No se obliga a la empresa a asignar una nueva responsabilidad a personal existente ni otorgar acceso información confidencial a quien actualmente no dispone del mismo.

Esto va en línea con el objetivo propuesto de modificar la normal operación de la empresa en el menor grado posible.

Seguimiento mediante equipos de GPS

Actualmente algunas pocas líneas cuentan con equipos específicos de GPS para controlar los recorridos de sus vehículos (donde se encuentran respecto de donde deberían estar, rutas alternativas ante el surgimiento de imprevistos, etc.). Si bien esto no se da aún en todos los casos, es cada vez más común y hasta hace poco se presentaba como el próximo paso a seguir para todas las empresas del rubro.

Sin embargo, por una situación de política nacional, recientemente surgió la problemática de que estos equipos se están volviendo difíciles de conseguir, ya que en su totalidad proceden del exterior. Según la Resolución General 3252/12 emitida por la Administración Federal de Ingresos Públicos (AFIP) que establece el régimen de declaración jurada anticipada de importación (DJAI), existe ahora un control generalizado de las operaciones de abastecimiento internacional desde el 1° de febrero de 2012 (AFIP, 2012).

Esto termina resultando en un beneficio no esperado de la herramienta, ya que muchos celulares equipados con la tecnología Android (lo único necesario para poder utilizar el servicio de posicionamiento de Google) son de muy fácil acceso dentro del país ya que son considerados de procedencia nacional. Se estima que una vez que se extienda el uso de la solución propuesta, estos equipos se tornarán innecesarios.

Sin embargo, esta decisión quedará a cargo de la línea en cuestión, ya que podría resultarles más costosa (dependiendo de la madurez de cada organización respecto de la gestión del cambio) la transición de un modelo al otro que la no utilización del servicio GPS. Esto se aclara ya que en realidad, no debería representar una modificación demasiado significativa considerando que las empresas ya cuentan con un “proceso de seguimiento de unidades” implementado utilizando el servicio GPS, y el cambio consistiría en poco más que la sustitución de una tecnología por otra; pero de todas formas, existe siempre una natural

resistencia al cambio, en especial en casos como el de las líneas de ómnibus en que los cargos directivos suelen estar ocupados por personas que llevan en la empresa más de 20 años.

En cualquier caso, la ventaja que representa la herramienta en este aspecto es que no obliga a realizar este cambio, pero si presenta la plataforma para hacerlo. De esta forma, se otorga la posibilidad de implementar la solución sólo en modo parcial o, si se quiere, por etapas.

Cantidad de equipos necesarios

Hasta aquí se ha discutido en detalle las tecnologías que serán necesarias, y como se podría llevar a cabo su implementación. Sin embargo, esta investigación carece de sentido (ya que no se puede evaluar correctamente el cambio) hasta que no se cuantifique el número de equipos necesarios.

Si nos referimos específicamente a los celulares a bordo de cada unidad, esto por supuesto es una variable cuyo valor va a depender del tamaño de cada línea. Sin embargo, a continuación se presentan los números de unidades de las líneas más representativas del área metropolitana para que podamos calcular algunos valores estimativos, ordenados en forma descendente de acuerdo a la cantidad de vehículos (Secretaría de Transporte, 2012):

TABLA V: Cantidad de unidades de las líneas del área metropolitana.

Línea	Empresa propietaria	Cantidad de vehículos
749	Expreso Parque El Lucero S.A. (MOTSA)	1241/1254
741	Expreso Parque El Lucero S.A. (MOTSA)	1201/1240
391	Expreso Parque El Lucero S.A. (MOTSA)	1111/1200
341	Expreso Parque El Lucero S.A. (MOTSA)	1000/1010
513	Micro Omnibus Tigre S.A. (MOTSA)	840/860
723	Utenor S.A. (MOTSA)	800/830
501	La Primera de Malvinas Argentinas S.A.(Expreso Parque El Lucero S.A.)	600/630
509	Línea Sesenta SA (MONSA)	583/591
508	Micro Omnibus Tigre S.A. (MOTSA)	570/582
506	Micro Omnibus Tigre S.A. (MOTSA)	541/569
505	Micro Omnibus Tigre S.A. (MOTSA)	500/540
430	Línea Sesenta SA (MONSA)	400/430
57	Transportes Atlántida S.A.C.	399

60	M.O.N.S.A. (NU.D.O. S.A.-Azul S.A.T.A.-M.O.T.S.A.)	364
203	Azul S.A.T.A. (Rosario Bus S.A.)	221
159	Micro Omnibus Quilmes S.A.	198
21	Empresa Teniente General Roca S.A. (D.O.T.A.)	178
28	Doscientos Ocho Transporte Automotor S.A. (D.O.T.A.)	165
168	Expreso San Isidro S.A.	164
148	El Nuevo Halcón S.A.(Micro Omnibus Quilmes S.A.)	156
176	Expreso General Sarmiento S.A.	156
98	Expreso Quilmes S.A.	150
188	Transportes Larrazábal C.I.S.A. (D.O.T.A.)	141
96	Transporte Ideal San Justo S.A.	140
152	Empresa Tandilense S.A.	126
180	La Vecinal de Matanza S.A.	124
132	Nuevos Rumbos S.A.	116
343	Compañía Noroeste S.A.	110
85	Sociedad Anónima Expreso Sudoeste	110
53	Línea 213 S.A.T.	105
15	Transportes Sur Nor C.I.S.A.	105
59	Micro Ómnibus Ciudad de Buenos Aires S.A.	102
160	Micro Omnibus Sur S.A.	102
204A	Línea Sesenta SA (MONSA)	100/299
71	Línea 71 S.A.	100
32	El Puente S.A.T. / El Puente S.A.T. (D.O.T.A.)	98
153	Ecotrans S.A. (Transportes Automotores PLAZA S.A.C.I.)	95
161	Transportes Larrazábal C.I.S.A. (D.O.T.A.)	90
165	Expreso Lomas S.A.	88
39	Transportes Santa Fe S.A.	87
182	Sargento Cabral S.A.T.	85
158	El Puente S.A.T.	83
91	Transportes Lope de Vega S.A.C.I.F. (D.O.T.A.)	82
178	Compañía Microomnibus La Colorada S.A.C.I.	81

100	Transportes Automotores Riachuelo S.A.	81
174	Ecotrans S.A. {Operada por Transportes Automotores PLAZA S.A.C.I. (gerenciada por Empresa de Transportes 104 S.R.L.)}	80
5	Transportes Río Grande S.A. (D.O.T.A.)	78
130	Transportes Avenida Bernardo Ader S.A. (Los Constituyentes S.A.T.)	78
37	4 de septiembre S.A.T.C.P.	75
92	Empresa Microomnibus Sáenz Peña S.R.L.	75
55	Almafuerte S.A.T.A.C.I.	74
88	Línea Expreso Liniers S.A. (Transporte Ideal San Justo S.A.)	74
721	Micro Ómnibus General Pacheco S.A.	74
80	Transportes Nueva Chicago C.I.S.A.	73
29	Empresa de Transportes Pedro de Mendoza C.I.S.A.	73
141	Mayo S.A.T.A. (Grupo PLAZA)	72
33	Transportes Almirante Brown S.A. (Micro Omnibus 45 S.A.)	72
12	Transportes Automotores Callao S.A.	72
166	Empresa Línea 216 S.A.	71
126	Cardenas S.A.	71
24	Empresarios del Transporte Automotor de Pasajeros S.A. (NU.D.O. S.A.)	70
79	Empresa San Vicente S.A.T.	69
110	General Pueyrredón S.A.T.C.I	68
41	Azul S.A.T.A. (Rosario Bus S.A.)	68
67	Transportes del Tejar S.A.	67
101	Doscientos Ocho Transporte Automotor S.A. (D.O.T.A.)	67
17	Línea 17 S.A.	67
47	Línea de Microómnibus 47 S.A.T.C.I. (Transportes Nueva Chicago C.I.S.A.)	66
45	Micro Ómnibus 45 S.A.	66
10	Línea 10 S.A. (Línea 17 S.A.)	66
314	La Primera de Martínez S.A.	65
109	Transportes Nueve de Julio S.A.C.	64

140	Transportes Automotores PLAZA S.A.C.I.	64
113	Bernardino Rivadavia S.A.T.A.	64
111	Los Constituyentes S.A.T. (D.O.T.A.)	63
34	Juan B. Justo S.A.T.C.I.	63
20	Transporte Larrazábal C.I.S.A. (D.O.T.A.)	63
68	Transportes Sesenta y Ocho S.R.L.	62
22	Línea 22 S.A.	62
150	NU.DO. S.A. (Nuevos Rumbos S.A. - D.O.T.A.)	62
146	Rocaraza S.A. (D.O.T.A.)	60
9	General Tomás Guido S.A. (NU.DO. S.A.-ERSA-Autobuses Santa Fe S.R.L.) 3	60
64	Vuelta de Rocha S.A.	58
50	NU.DO S.A. (Nuevos Rumbos S.A.(D.O.T.A.)	57
65	La Nueva Metropól S.A.	57
7	Transportes Automotores 12 de Octubre S.A. (D.O.T.A.)	57
103	Transportes Quirno Costa S.A.	57
106	Colectiveros Unidos S.A. (NU.DO.S.A.)	57
78	Los Constituyentes S.A.T. (D.O.T.A.)	56
115	Transportes Automotores Riachuelo S.A.	56
26	17 de agosto S.A. (Nuevos Rumbos S.A.)	55
95	Empresa Antártida Argentina S.A.T.	55
105	Transportes América S.A.C.I.	55
2	Transportes 22 de Septiembre S.R.L.	55
118	Microomnibus Barrancas de Belgrano S.A.	54
151	MODO SA (La Nueva Metropól S.A.)	54
63	Bernardino Rivadavia S.A.T.A.	53
36	Empresa de Transportes Mariano Moreno S.A. (Grupo PLAZA)	53
127	Los Constituyentes S.A.T. (D.O.T.A.)	52
181	Siglo XXI S.A.	52
56	Transportes Lope de Vega S.A.C.I.F. (D.O.T.A.)	52
4	Transportes Sol de Mayo C.I.S.A (Transporte Ideal San Justo S.A.)	52
87	Los Constituyentes S.A.T. (D.O.T.A.)	50

19	Micro Omnibus Saavedra S.A. (Grupo ERSA)	50
177	Empresa San Vicente S.A.T.	50
172	La Cabaña S.A.	50
135	Transportes Lope de Vega S.A.C.I.F. (D.O.T.A.)	50
463	Empresa del Oeste S.A.T.	50
108	Empresa Teniente General Roca S.A. (D.O.T.A.)	50
185	Transporte Ideal San Justo S.A.	50
117	Transportes Larrazábal C.I.S.A. (D.O.T.A.)	49

En promedio, esto resulta en un valor de 165 unidades por línea. Utilizaremos este valor como referencia para nuestras estimaciones pero se debe tener siempre en cuenta que el desvío estándar es de 247,84 unidades y por lo tanto no es representativo para realizar cálculos de costos (el mismo puede variar mucho entre una línea y la otra).

Capacitación

Otro de los aspectos que debe ser tenido en cuenta sin lugar a dudas es la capacitación. ¿A quiénes será necesario capacitar, y en qué aspectos?

En primer lugar, se considera fundamental realizar una capacitación inicial (dentro de lo posible) a todos los empleados involucrados en el transporte de pasajeros y control. Esto incluye:

- Conductores
- Gerentes
- Controladores de rutas
- Sistemas

Luego será necesaria una capacitación específica para el área de sistemas, que será la más afectada por el cambio: deberán incorporar la aplicación servidor, controlar su funcionamiento, etc.

La capacitación a nivel de los conductores deberá consistir, lógicamente, de un curso instructivo en el uso de la aplicación. Ésta debería incluir una explicación teórica (por ejemplo, una exposición oral) sobre el funcionamiento de la aplicación; a continuación se debería realizar un ejercicio práctico para que el conductor pueda familiarizarse con el sistema. Posteriormente, se deberá administrar un documento tutorial a cada uno, a modo de

referencia. Y por último, se debería ensayar algún tipo de ejercicio evaluatorio, para comprobar que todos los participantes comprendieron la forma en que deben utilizar el dispositivo y la aplicación. En caso de que se detecte que alguno de ellos tiene dificultades para entender cómo usar la aplicación, deberá tomar el curso nuevamente.

En el caso de los gerentes y los controladores de rutas, la capacitación no sería exactamente la misma, ya que los conductores utilizarían solamente la aplicación móvil mientras que los gerentes y controladores de ruta interactuarían principalmente con la aplicación servidor. Sin embargo, la metodología seguida para el entrenamiento sería la misma que la descrita anteriormente, a pesar de que el contenido estaría orientado a cómo visualizar e interpretar la información que necesiten en base a los requerimientos del negocio. Posiblemente sea una buena idea, incluso, separar la capacitación de estos dos grupos ya que podría determinarse que la información que resulte relevante para uno de los grupos y no para el otro sea significativa; en principio, sin embargo, no parecería necesario.

Por último, será necesario capacitar a la gente de sistemas, tanto en la operación del sistema como en los fundamentos de su funcionamiento, ya que si bien la intención es brindar soporte post-implementación durante el plazo de un año (como será detallado en la propuesta económica), eventualmente éste área se hará cargo del soporte técnico. Para esto resulta clave que entiendan cómo funciona la aplicación y poder de esa forma asistir en la resolución de los issues que puedan llegar a surgir.

Por caso, la metodología que se propone para el entrenamiento está esquematizada a continuación:

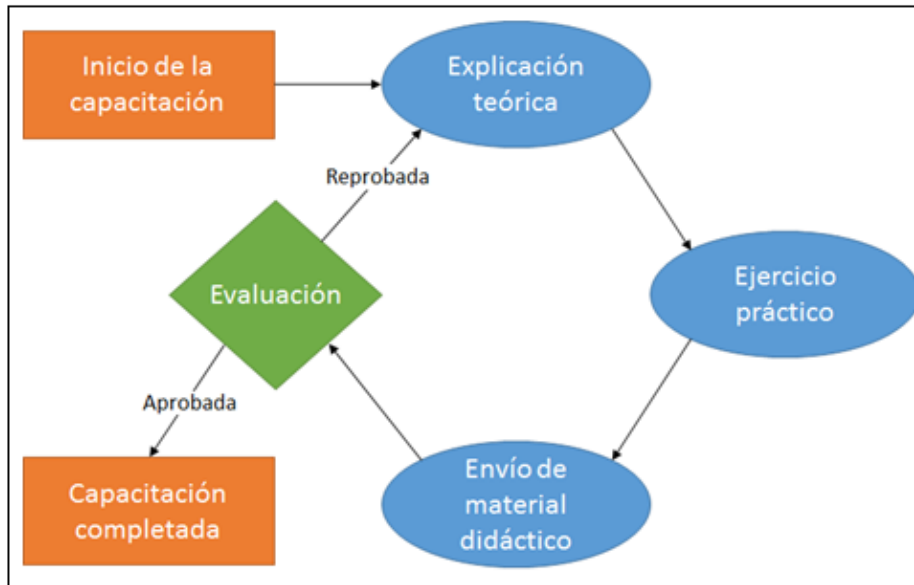


Figura 17: Esquema de capacitación.

En conclusión, se considera que el esquema de entrenamiento descrito arriba debería ser suficiente para que todos los participantes involucrados estén capacitados para operar el nuevo servicio.

La mayor parte de la información que aparece en esta sección fue obtenida mediante una entrevista con el gerente de operaciones de la empresa MOQSA (Micro Ómnibus Quilmes S.A.). Después de explicarle en qué consistiría el proyecto, se recolectó su opinión respecto del mismo y de las consideraciones que sugirió tener en cuenta. La entrevista aparece transcrita a continuación:

- ¿Cuáles son las problemáticas desde el punto de vista operativo que, usted considera, podrían surgir al momento de implementar este proyecto?

- Bueno, yo considero que la primordial dificultad va a surgir por la resistencia natural al cambio desde el sector operativo. Llevar adelante este proyecto significaría el cambio más grande en la gerencia de operaciones, te diría, en toda mi carrera. La operación y control de rutas y vehículos se lleva adelante prácticamente de la misma manera hace varios años, y la mayoría de las personas que trabajan en operaciones lo viene haciendo por más de 20 años en muchos casos.

- Teniendo eso en cuenta, ¿considera que el proyecto es viable?

- Absolutamente, y el motivo es que me parece un cambio poco intrusivo, especialmente para los conductores que suelen ser los más aversos a los cambios. La clave está en que se creen y

se modifiquen la menor cantidad de tareas posibles mientras más te acercas al nivel operativo. Según entiendo por lo que me comentaste del proyecto, en ese nivel la única modificación de tareas para los conductores sería llevar un teléfono celular a bordo de la unidad y verificar que se encuentre encendido y con la aplicación funcionando, lo cual no representa una mayor dificultad.

- Y para los niveles de control y gerencia, ¿visualiza alguna dificultad considerando que el cambio en la operación es más importante?

- Si bien el cambio es mayor para esos sectores, y habrá que controlar el nivel de adopción del cambio, se trata de gente más acostumbrada a acomodar nuevos sistemas y procesos. Ya sea por certificaciones de calidad, implementaciones de mejoras en los procesos o cambios en los sistemas, es habitual para los empleados del área de operaciones realizar capacitaciones. Y a nivel personal considero que existe una predisposición muy alta hacia la incorporación de cambios que las personas entienden que serán beneficiosos para la operación, y por ende para ellos mismos; sin embargo, desconozco cuál es la situación en ese sentido en otras líneas.

- ¿Qué otros riesgos considera que deberían ser tenidos en cuenta?

- Considero que debe existir un especial foco de atención en el área de control de rutas. Los miembros de ésta área suelen ser muy celosos de cualquier cambio tecnológico que se intenta implementar ya que muchas veces lo interpretan como una amenaza hacia sus puestos de trabajo. Por otro lado se me ocurre que obtener la financiación para el proyecto puede ser complicado, ya que la cifra necesaria seguramente ascienda a un monto muy importante; y por ende seguramente haya que explorar la posibilidad de la financiación estatal, con los compromisos que ello suele acarrear.

- Dada su larga trayectoria dentro de la compañía, ¿considera que la Dirección aprobaría el proyecto?

- Considero que sí, si el proyecto resulta ser económicamente viable. El problema es que muchas veces se produce una importante demora en la toma de decisiones sobre proyectos grandes. Esto me parece especialmente importante en este caso, ya que cualquier proyecto de sistemas involucra la implementación de nuevas tecnologías que cambian constantemente; será necesario convencer a la Dirección del impacto positivo del proyecto para lograr una adherencia fuerte de parte de los directores clave. Sin esto último, peligraría la finalización de proyecto ya que se trata de un esfuerzo muy grande tanto económico como de voluntades.

- ¿Cuál considera que sería el mejor momento para comenzar con la implementación?

- Creo que el mejor momento para presentar la propuesta sería durante el mes de junio, ya que a fin de ese mes se cierra el presupuesto. Las demoras en la toma de decisiones que te comenté anteriormente probablemente provoquen que el inicio del proyecto se retrase algunos meses, con lo cual si se presenta en junio, probablemente sea aprobado recién a principios de septiembre, lo cual deja dos o tres meses para presentar formalmente y dar inicio al proyecto y empezar con la implementación fuerte de la parte tecnológica a la altura de diciembre, enero y febrero, que son los meses de menor actividad.

- ¿Cuál es la experiencia de la compañía en lo que tiene que ver con sistemas y tecnología?

- Los sistemas que estamos utilizando actualmente están bastante estabilizados y en general no dan demasiados problemas. La opinión generalizada sobre los sistemas que utilizamos es que funcionan bien; sin embargo, existen quejas constantes y recurrentes de parte de toda la compañía por el funcionamiento de la red de teléfonos celulares. Por lo que me comentaste, veo que este proyecto se apoya fuertemente en la tecnología celular y en las redes 3G, y eso es lo único que si va a generar alguna sospecha inicialmente. Va a ser necesario demostrar, en la presentación al Directorio, que el sistema puede funcionar correctamente utilizando la tecnología celular existente; de lo contrario, difícilmente se logre el apoyo necesario.

Riesgos detectados

En resumen, los riesgos de orden operativo detectados se encuentran detallados a continuación, listados de mayor a menor orden de prioridad según el entrevistado:

1. Resistencia al cambio.
2. Posible falta de apoyo de los directivos.
3. Ventana de implementación acotada.
4. Inexperiencia con nuevas tecnologías.
5. Complejización del modelo actual.

A continuación se muestra el plan de acción propuesto para cada uno de los riesgos detectados:

- **Resistencia al cambio:**
 - **Acción:** Mitigar.

- **Descripción:** Se podría mitigar este riesgo creando oportunidades para que los involucrados den su opinión sobre el proyecto y reciban feedback al respecto. Además, se entiende que la capacitación e información sobre el proyecto y sus beneficios, y por ende la disminución de la incertidumbre, también contribuirá a disminuir el posible impacto de este riesgo.
- **Posible falta de apoyo de los directivos:**
 - **Acción:** Mitigar.
 - **Descripción:** Para mitigar este riesgo resultarán clave dos aspectos: la presentación del proyecto al Directorio, y la correcta implementación de las etapas tempranas del proyecto. La presentación al Directorio deberá ser efectiva, exponiendo claramente los beneficios del proyecto y detallando cuáles fueron los riesgos detectados y cómo van a ser mitigados o eliminados. Por otra parte, se debería contar con una parte implementada y funcionando en un plazo inferior a los seis meses, para no perder el apoyo y entusiasmo inicial a medida que avance el proyecto.
- **Ventana de implementación acotada:**
 - **Acción:** Mitigar.
 - **Descripción:** Para mitigar este riesgo será necesario elaborar el plan del proyecto teniendo en cuenta que se dispone de aproximadamente tres meses para implementar y que esos meses deben ser de diciembre a febrero. De ser necesario se debería acotar el alcance del proyecto para, de alguna forma, conformar un “primer entregable” del proyecto que sea entregado en esos meses y dejar el resto del alcance para una segunda etapa de implementación a posteriori.
- **Inexperiencia con nuevas tecnologías:**
 - **Acción:** Mitigar.
 - **Descripción:** Si bien se cuenta con experiencias previas en la adopción de nuevas tecnologías, se mencionó una cierta resistencia en los niveles operativos. Para mitigar este riesgo se propone más arriba un esquema de

capacitación, que ayudará a informar y pulir la interacción con el nuevo sistema.

- **Complejización del modelo actual:**

- **Acción:** Aceptar.
- **Descripción:** Con respecto a este riesgo, se decide aceptarlo ya que la intrusión en el modelo y la creación de nuevas tareas es mínima, y se entiende que todos los involucrados deberían ser capaz de asimilarlas sin necesidad de realizar nuevas contrataciones. De todas formas, se entiende que la capacitación contribuiría en cierta medida a mitigar este riesgo.

De esta forma se concluye de esta sección que a nivel operativo la implementación de la solución propuesta es factible, siempre y cuando se implemente el plan de acción ante los riesgos detectados y con las consideraciones descritas más arriba.

Evaluación de factibilidad económica

Resulta fundamental en todo proyecto de tecnología, evaluar su factibilidad económica. Un estudio de factibilidad económica, es un análisis de la viabilidad de una idea. Consiste en un estudio preliminar llevado a cabo para determinar y documentar la viabilidad de un proyecto. Los resultados de este análisis se utilizan en la toma de la decisión de seguir adelante con el proyecto o no.

Comenzamos realizando un análisis FODA del proyecto:

TABLA VI: Análisis FODA.

	Fortalezas	Debilidades
Análisis interno	Ningún producto del mercado actual presenta las características e innovaciones relacionadas con el producto del proyecto.	Probable problema por ser un proyecto orientado al posicionamiento de la empresa en el mercado y no directamente orientado a aumentar los ingresos.
	Oportunidades	Amenazas
Análisis externo	La necesidad que hay en el mercado que puede ocupar el producto en cuestión. La gran cantidad de oportunidades de expansión de las funcionalidades del producto una vez establecido en el mercado	Podría aparecer en cualquier momento un producto similar al propuesto. Puede haber problemas con la restricción de importaciones en cuanto al abastecimiento de los productos tecnológicos necesarios para el desarrollo y mantenimiento del producto terminado.

Tipo de proyecto de inversión

Dentro de los tres tipos de proyectos de inversión (nueva ganancia, protección del negocio e inversión obligatoria), este proyecto quedaría dentro de la categoría **“inversión obligatoria”** (Chen, 1996). Esto se debe a que el principal motivo para llevar a cabo el proyecto es el avance tecnológico que obliga a la compañía a ponerse a tono con las mismas para brindar un mejor servicio.

Estimación del proyecto de inversión

Se necesita la información de 4 variables para poder realizar la estimación: tiempo, recursos, requerimientos y riesgos. Los primeros dos serán estimados a continuación, ya que los requerimientos y los riesgos ya fueron definidos en las secciones anteriores.

A continuación se debe decidir qué tipo de método de estimación se va a utilizar. No se describirán en gran detalle los tres tipos de estimación más comunes (Murthi, 2002) ya que escapa al alcance original del estudio, pero sí se definirán a continuación para explicar el motivo del método elegido:

- **Estimación justa (fair estimates):** Es una estimación muy buena. Sólo tendrá un desvío entre 25% y 50% del valor real. Las estimaciones justas son posibles cuando se está muy familiarizado con el proyecto, como sucede con proyectos de mantenimiento donde ya se conocen las soluciones, y ya se han aplicado antes.
- **Estimación aproximada (rough estimates):** La estimación está bastante cerca del valor real. Estará entre un 50% y un 100% desviado del valor real. Las estimaciones aproximadas son posibles cuando se trabaja con necesidades bien entendidas y uno está familiarizado con el dominio y la tecnología.
- **Estimación de orden de magnitud (ballpark estimates):** La estimación podrá ser alrededor de dos o tres veces el valor real. La mayoría de las estimaciones, especialmente para un proyecto nuevo, caen dentro de esta categoría. Las estimaciones de orden de magnitud son muy valiosas porque dan a la organización y al equipo del proyecto una idea de lo que el proyecto va a consumir en términos de tiempo, recursos y dinero. Es mejor saber que el proyecto va a tomar entre dos y seis meses que no tener idea en absoluto de cuánto tiempo tomará.

Debido a las características del proyecto, queda claro que en el caso presentado se deberá realizar una estimación de orden de magnitud. Decimos esto porque se trata de un nuevo proyecto sin precedentes en el negocio, cuyo impacto final es difícil de determinar. A continuación se presenta la estimación utilizando el método elegido.

Estimación de orden de magnitud del proyecto

El primer paso para realizar una estimación de orden de magnitud del proyecto es separar el proyecto en una lista de tareas. Para dicho fin se utilizó la técnica de “Work Breakdown Structure” o Estructura Detallada de Trabajo (Guido Lavalle, Gadze & Wehbe, 2007). La misma se presenta a continuación:

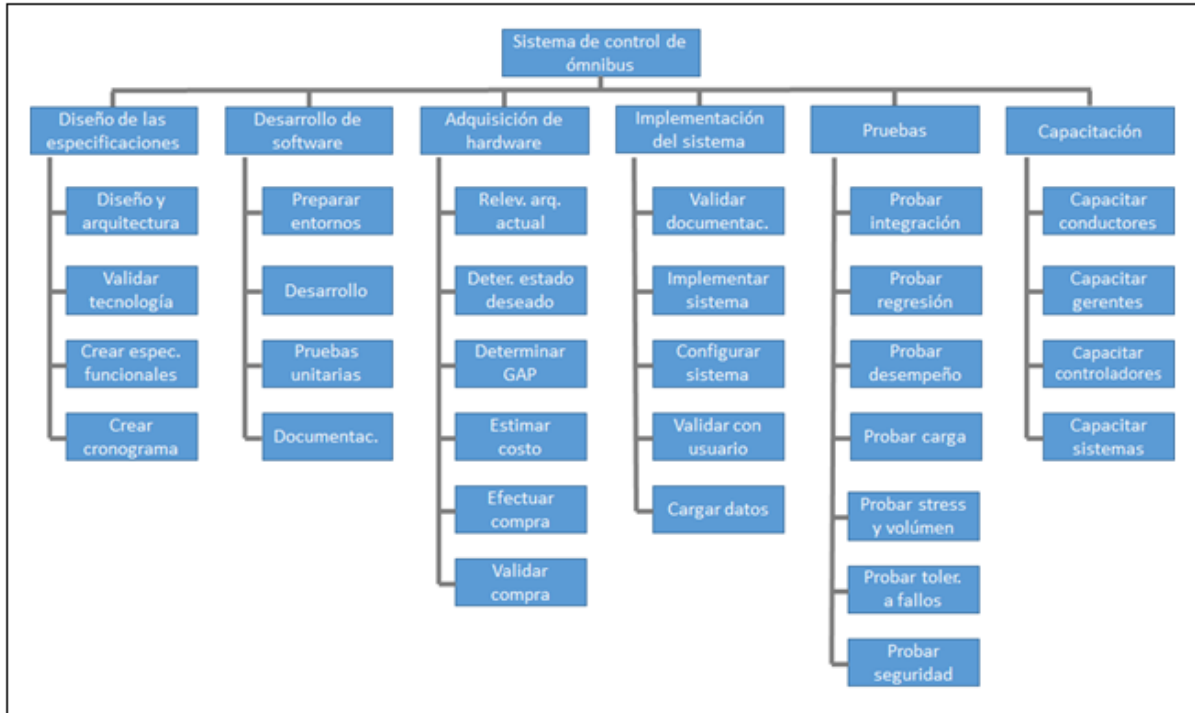


Figura 18: Estructura Detallada de Trabajo (EDT) del proyecto.

Una vez que se cuenta con la lista de tareas (representadas por el último nivel de cada rama del árbol), el siguiente paso es evaluar cada tarea en dos escalas: complejidad y tamaño (Murthi, 2002). Todas las tareas caen dentro de una de nueve combinaciones de estas dos variables, y a continuación se presenta el cuadro para el caso del proyecto en cuestión:

Volúmen de trabajo	Baja complejidad (1 semana/1 persona)				Media complejidad (2 semanas/ 2 personas)			Alta complejidad (3 s/ 3 p)
	Volúmen bajo de trabajo (1 semana/ 1 persona)	1.3.3 Determinar GAP	1.1.4 Crear cronograma	1.3.6 Validar compra	1.2.1 Preparar entornos	1.3.5 Efectuar compra	1.5.5 Probar stress y volúmen	1.5.2 Probar regresión
	1.1.2 Validar tecnología	1.4.1 Validar documentación	1.3.2 Determinar estado deseado		1.5.3 Probar desempeño	1.4.3 Configurar sistema		
Volúmen medio de trabajo (2 semanas/ 2 personas)	1.5.4 Probar carga	1.4.4 Validar con usuario	1.6.4 Capacitar sistemas	1.5.6 Probar tolerancia a fallos	1.5.1 Probar integración	1.1.3 Crear especificaciones funcionales	1.5.7 Probar seguridad	1.2.2 Desarrollar
	1.3.1 Relevar arquitectura actual	1.3.4 Estimar costo	1.6.1 Capacitar conductores	1.6.2 Capacitar gerentes	1.6.3 Capacitar controladores			
Volúmen alto de trabajo (3 semanas/ 3 personas)	1.2.4 Documentar desarrollo	1.1.1 Especificar diseño y arquitectura	1.4.5 Cargar datos		1.2.3 Realizar pruebas unitarias			1.4.2 Implementar sistema

Figura 19: Cuadro de clasificación de las tareas.

Para obtener la cantidad de recursos y tiempo para cada tarea, simplemente se deben multiplicar la cantidad de semanas y de personas de la fila y la columna de dicha tarea. Por ejemplo, la tarea 1.4.5 (“Cargar datos”) requerirá de $1 * 3 = 3$ personas y $1 * 3 = 3$ semanas para ser completada. A su vez, podemos obtener el costo de dicha tarea (tomando un sueldo promedio de \$10000) mediante la siguiente fórmula:

$$rs \left(\frac{S}{4} \right)$$

Donde r es la cantidad de recursos necesarios; s es la cantidad de semanas necesarias; y S es el sueldo promedio.

Contando ya con esta información, estamos en condiciones de estimar cuantas personas y tiempo requerirá cada tarea (a grandes rasgos):

TABLA VII: Tiempo, recursos y costo de las tareas.

Tarea	Tiempo (semanas)	Recursos (personas)	Costo (AR\$)
1.1.1 Especificar diseño y arquitectura	3	3	22.500
1.1.2 Validar tecnología	1	1	2.500
1.1.3 Crear especificaciones funcionales	4	4	40.000
1.1.4 Crear cronograma	1	1	2.500

1.2.1 Preparar entornos	1	1	2.500
1.2.2 Desarrollar	6	6	90.000
1.2.3 Realizar pruebas unitarias	6	6	90.000
1.2.4 Documentar desarrollo	3	3	22.500
1.3.1 Relevar arquitectura actual	2	2	10.000
1.3.2 Determinar estado deseado	1	1	2.500
1.3.3 Determinar GAP	1	1	2.500
1.3.4 Estimar costo	2	2	10.000
1.3.5 Efectuar compra	2	2	10.000
1.3.6 Validar compra	1	1	2.500
1.4.1 Validar documentación	1	1	2.500
1.4.2 Implementar sistema	9	9	202.500
1.4.3 Configurar sistema	2	2	10.000
1.4.4 Validar con usuario	2	2	10.000
1.4.5 Cargar datos	3	3	22.500
1.5.1 Probar integración	4	4	40.000
1.5.2 Probar regression	2	2	10.000
1.5.3 Probar desempeño	2	2	10.000
1.5.4 Probar carga	2	2	10.000
1.5.5 Probar stress y volúmen	2	2	10.000
1.5.6 Probar tolerancia a fallos	2	2	10.000
1.5.7 Probar seguridad	4	4	40.000
1.6.1 Capacitar conductores	2	2	10.000
1.6.2 Capacitar gerentes	2	2	10.000
1.6.3 Capacitar controladores	4	4	40.000
1.6.4 Capacitar sistemas	2	2	10.000
Total	79	79	757.500

De esta manera podemos concluir que el costo total de los salarios, que deberá ser prorrateado más adelante junto con los costos del equipamiento, será de aproximadamente **\$757.500** (setecientos cincuenta y siete mil quinientos pesos argentinos). Por otra parte, la duración del mismo será de 79 semanas o casi **20 meses**.

Contando con esta información, ya estaríamos en condiciones de presentar el flujo de

fondos del proyecto.

Flujo de fondos

A continuación se presenta el flujo de fondos para los 20 meses de duración del proyecto:

TABLA VIII: Flujo de fondos del proyecto.

Categoría	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Año 2
Celulares (Samsung Galaxy Pocket * 165)	-8.242	-8.242	-8.242	-8.242	-8.242	-8.242	-8.242	-8.242	-98.901
Cámaras (Telcel Vivotek IP7134 * 165)	-11.385	-11.385	-11.385	-11.385	-11.385	-11.385	-11.385	-11.385	-136.620
Servidores (Dell Poweredge T320 * 5)	-7.705	-7.705	-7.705	-7.705	-7.705	-7.705	-7.705	-7.705	-92.463
Plan 3G (Plan Com. Movistar * 165)	-1.238	-1.238	-1.238	-1.238	-1.238	-1.238	-1.238	-1.238	-14.850
Salarios	-37.875	-37.875	-37.875	-37.875	-37.875	-37.875	-37.875	-37.875	-454.500
Subsidio del Estado Nacional (aproximado)	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000	30.000
Total	-36.445	-36.445	-36.445	-36.445	-36.445	-36.445	-36.445	-36.445	-767.334

El flujo de fondos presentado más arriba representa un costo total del proyecto de \$1.058.890 (un millón cincuenta y ocho mil ochocientos noventa pesos).

Al consultar con el gerente de operaciones de MOQSA que facilitó la información para la sección de factibilidad operativa sobre el monto del proyecto, sugirió que se tenga en cuenta que este tipo de proyectos son de carácter estratégico para el Ministerio de Transporte de la Nación, y que si se consiguiera financiación para el mismo, probablemente rondaría el 40% del costo. Es por esto que se toma en cuenta un subsidio del Estado Nacional de alrededor de 30.000 pesos mensuales.

Como aclaración, el gerente de operaciones agregó que si se consigue financiación por parte del Estado Nacional, el proyecto resultaría viable desde el punto de vista económico para la línea; de lo contrario, sería difícil lograr la aprobación del mismo.

Por último, se debe considerar que ésta cotización puede llegar a tener una validez de aproximadamente 90 días como máximo debido a las características inflacionarias del

contexto económico nacional.

Conclusiones

A lo largo de este trabajo se ha analizado y probado la real necesidad de la población de la provincia de Buenos Aires de contar con una mejora en el servicio del transporte público. Se ha especificado en términos de porcentajes de la población (86,1%) y de cantidad de personas involucradas (12.058.134), el real impacto de la solución propuesta en la población de la provincia. Además se descompuso la problemática general en necesidades puntuales, y se determinó que más del 54,6% de la insatisfacción de los usuarios con el sistema de transporte se relacionan con necesidades de información insatisfechas, y no necesariamente con problemas de tipo operativo. Por último, se describió qué funcionalidades específicas de un sistema informático podrían atender estas necesidades y cómo.

A continuación se evaluó la factibilidad de la solución propuesta desde todos los ángulos que se consideraron pertinentes. Primero se examinaron las tecnologías que podrían intervenir en la misma, el nivel en el que las mismas podrían satisfacer las necesidades del sistema y las posibles soluciones alternativas o provisorias en el caso de que estas no cubrieran del todo la necesidad o no estuvieran disponibles. También se contactó a un Gerente de Operaciones de una importante línea de ómnibus para verificar que la implementación del proyecto sería factible a nivel operativo, cuáles serían las nuevas responsabilidades que se crearían, las capacitaciones necesarias y la ventana de implementación. Se detallaron también los riesgos detectados para el proyecto y la acción propuesta para cada uno de ellos. Por último, se detallaron las tareas que serían necesarias para llevar adelante el proyecto, se estimó su esfuerzo en tiempo y recursos, y se determinó el costo total del proyecto incluyendo el costo de mano de obra y la adquisición del hardware necesario.

Las conclusiones principales que se desprenden del trabajo realizado son dos. Por un lado, si bien la idea de este proyecto surge a través de la percepción de que existe una gran insatisfacción con el servicio de transporte público (y de que los colectivos u ómnibus representan un alto porcentaje del mismo), queda demostrado con la información presentada al principio de este trabajo que esta es una necesidad real, que afecta al 86,1% de la población y cuyo principal componente es la falta de información. Por otro lado, la segunda parte del proyecto demuestra que es un problema con una solución tangible, y factible desde lo económico, tecnológico y operativo. Lo que es más, queda demostrado que, si bien es un proyecto sin precedentes en el territorio nacional, la complejidad de la solución en términos

tecnológicos y financieros no es tan grande como para considerar estos frentes como limitantes reales, y queda claro que la principal limitación para el avance del proyecto radica en lograr obtener patrocinio para el mismo de parte de la dirección de las empresas de ómnibus y del Ministerio de Transporte de la Nación, los dos principales actores intervinientes.

En cuanto a las limitaciones encontradas al momento de desarrollar el trabajo, las principales modificaciones que se debieron realizar a la idea original se debieron a componentes de tipo tecnológico, principalmente en lo que refiere a la cobertura de los servicios de geoposicionamiento provistos por Google en nuestro país, y a la cobertura y funcionamiento de la red celular (independientemente del proveedor que se vaya a elegir).

Para finalizar, algunos comentarios sobre el futuro del proyecto. La principal línea de trabajo que queda abierta a partir del desarrollo de este trabajo es lograr la constante actualización del sistema en base a los desarrollos tecnológicos futuros. En un contexto tan cambiante y dinámico como lo es el campo de las tecnologías de posicionamiento global y de la información, se han diseñado estas herramientas teniendo en mente la incorporación y reemplazo de tecnologías actuales por otras futuras que puedan llegar a surgir, y que mejoren la precisión o agreguen más información a la que proveerá el sistema descrito. Resulta fundamental atender y fomentar la evolución de esta mejora informática en la experiencia de los pasajeros del transporte público ya que de lo contrario (según lo indica toda la experiencia previa en proyectos tecnológicos) el mismo puede quedar obsoleto rápidamente, convirtiendo la inversión de tiempo, dinero y voluntades depositadas en el proyecto en un esfuerzo inútil.

Bibliografía

AFIP, *Res. Gral. AFIP 3252/12* [en línea], 2012 [Consulta: 18 de febrero de 2014]. Disponible en web: <http://www.cac.com.ar/documentos/53_3252%2011.pdf>

Bourne, J. R., *Object-Oriented Engineering*, CRC Press, pág. 175-177, 1992.

Chen, M.T., *Simplified project economic evaluation*, ABI/INFORM Global, 1996.

Claro, *Cobertura 3G* [en línea]. [Consulta: 18 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://cobertura.claro.com.ar>>.

De Smith, Goodchild, Longley, *Geospatial Analysis: A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*, Troubador Publishing Ltd, pág 72, 2007.

Econsultancy, *Latin America: Internet Statistics Compendium*, 2013.

Google, *Google Directions API* [en línea]. [Consulta: 12 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<https://developers.google.com/maps/documentation/directions>>.

Google, *Google Maps API* [en línea]. [Consulta: 12 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<https://developers.google.com/maps>>.

Google, *Google Places API* [en línea]. [Consulta: 12 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<https://developers.google.com/places/documentation>>.

Google, *Google Transit* [en línea]. [Consulta: 12 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<https://developers.google.com/transit>>.

Google, *Google Transit Feeds* [en línea]. [Consulta: 6 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<https://code.google.com/p/googletransitdatafeed/wiki/PublicFeeds>>.

Google, *Our Mobile Planet: Argentina* [en línea]. [Consulta: 11 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://services.google.com/fh/files/misc/omp-2013-ar-local.pdf>>.

INDEC, *Censo 2010* [en línea]. 2012 [Consulta: 16 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://www.sig.indec.gov.ar/censo2010>>.

INDEC, *Encuesta Nacional sobre Acceso y Uso de Tecnologías de la Información y la Comunicación (ENTIC)* [en línea]. 2012 [Consulta: 08 de febrero de 2014]. Disponible en web: <http://www.indec.gov.ar/nuevaweb/cuadros/novedades/entic_11_12_12.pdf>.

Lavalle, Gadze, Wehbe, *Fundamentos en la dirección de proyectos*, Ed. Temas UADE, pág. 34-26, 2007.

Movistar, *Cobertura 3G* [en línea]. [Consulta: 18 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://cobertura3g.movistar.com.ar>>.

Murthi, S., *Useful Estimation Techniques for Software Projects* [en línea]. 2002 [Consulta: 22 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://www.developer.com/java/other/article.php/1463281/Useful-Estimation-Techniques-for-Software-Projects.htm>>.

NUOO, *NUOO PC-BASED NVR IP+* [en línea]. 2010 [Consulta: 11 de febrero de 2014]. Disponible en web: <<http://nuoo.com.my/product-nvr.html>>.

Personal, *Cobertura 3G* [en línea]. [Consulta: 18 de febrero de 2014]. Disponible en web: <http://www.personal.com.ar/internet_movil/servicios/cobertura>.

Satzinger, Jackson, Burd, *Systems Analysis and Design in a Changing World*, Course Technology, pág. 169-172, 2011.

Secretaría de Transporte, *Compensaciones Complementarias Provinciales (CCP) - Marzo 2014* [en línea]. [Consulta: 11 de abril de 2014]. Disponible en web: <http://www.transporte.gov.ar/UserFiles/pdfs/subsidios/sistau/2014/verificacion_sistau_mar14.pdf>.

Sriparasa, S. S., *JavaScript and JSON Essentials*, Packt Publishing, pág. 15-24, 2013.

UNTREF, *Estudio sobre el transporte urbano*, 2011.