



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACIÓN DE HORARIOS Y  
RUTAS EN EMPRESAS DE TRANSPORTE PÚBLICO**

Tesis para optar por el Título de Ingeniero Informático, que presenta el bachiller:

**Giancarlo Borjas Giraldo**

**ASESOR: Ing. Rony Cueva Moscoso**

Lima, Junio del 2013

## RESUMEN

El sistema de información de administración de horarios y rutas busca contrarrestar los problemas presentados en el sistema de transporte urbano de Lima metropolitana, ya que muchos de ellos se debe a la manera como está organizada dicho servicio. El fin de este sistema de información es buscar mejorar la administración de este servicio centralizando toda la información referente a las rutas y horarios, y mediante ella poder mejorar el servicio evitando, entre otros temas, los problemas comunes que se presentan ahora como los tiempos de demora variables para dirigirse de un punto a otro.

Mediante el sistema de información se busca tener organizada toda la información de las rutas y de los horarios, con el cual, la población, que son los clientes directos de este servicio, serán beneficiados, pues contarán con información disponible las veinticuatro horas del día y los siete días de la semana sobre los recorridos, las horas de paso de los buses en los paraderos, los tiempos de demora promedio, etc.

Para la creación de horarios se está empleando un algoritmo GRASP Construcción, con el fin de crear un horario optimizado tomando en cuenta diferentes variables del entorno, como es el tráfico, la demanda, los tiempos de demora, los buses disponibles por parte de la empresa de transporte para esa ruta, etc.

Para la administración de las rutas, el sistema permite el mantenimiento de la información referente a los paraderos y tramos para la construcción de la ruta y con relación a los procedimientos, permite el seguimiento en la licitación, asignación, renovación y cancelación de las rutas a las empresas de transporte.

El sistema de información ha sido elaborado siguiendo la normativa establecida en las diferentes ordenanzas municipales establecidas.



FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO INFORMÁTICO

**TÍTULO:** ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ADMINISTRACION DE HORARIOS Y RUTAS EN EMPRESAS DE TRANSPORTE PÚBLICO

**ÁREA:** SISTEMAS DE INFORMACIÓN

**PROPONENTE:** Ing. Rony Cueva Moscoso

**ASESOR:** Ing. Rony Cueva Moscoso

**ALUMNO:** Giancarlo Borjas Giraldo

**CÓDIGO:** 20052267

**TEMA N°:** 425

**FECHA:** San Miguel, 21 de noviembre de 2012



### DESCRIPCIÓN

El sistema de transporte público metropolitano de la ciudad de Lima presenta una serie de deficiencias de gestión y operación entre las que destacan el constante incremento del parque automotor, la saturación de las vías —lo que a su vez generan sobreoferta provocando muchísimas veces accidentes mortales—, la informalidad de las empresas dedicadas al transporte público carentes de visión empresarial, la escasa cultura de respeto hacia los reglamentos de tránsito de conductores y peatones provocados por el escenario y las variables antes mencionadas, entre muchos otros.

La Municipalidad Metropolitana de Lima por medio de la Gerencia de Transporte Urbano (GTU) y en conjunto con otros entes relacionados al servicio de transporte (PROTRANSPORTE de Lima, el Concejo Metropolitano y la Alcaldía Metropolitana) está implantando, modificando y/o poniendo en ejercicio reglamentos y planes de manera más estricta con el objetivo de organizar el sistema y la prestación misma de los servicios. Para dicho fin, se basan en estudios que se realizan periódicamente, con el fin de lograr rapidez, confiabilidad y convivencia del servicio de transporte público de personas. Dentro de la normativa se puede mencionar a:

- La Ordenanza N° 104 trata temas reglamentarios para todo el servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros. De todos los temas tratados, de los cuales muchos ya fueron actualizados en posteriores ordenanzas, el tema referente a las concesiones y al servicio es lo que interesa para el problema planteado.
- La Ordenanza N° 732 por la cual se establece la creación del Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima (PROTRANSPORTE). En esta ordenanza se definen la estructura de la organización y las funciones que cumplirá dentro del servicio de transporte público. Posteriormente algunos artículos fueron modificados por las Ordenanzas N° 1103 y N° 1154.

Av. Universitaria 1801  
San Miguel, Lima – Perú

Apartado Postal 1761  
Lima 100 – Perú

Teléfono:  
(511) 626 2000 Anexo 4801



FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

- La Ordenanza N° 1338 se menciona temas referentes a la autorización para la prestación de servicios por medio de las empresas autorizadas, el registro y autorización de las flotas, *la determinación de las rutas*, las condiciones para la prestación de servicio y la fiscalización principalmente.
- La Ordenanza N° 1599 menciona temas complementarios a la autorización de servicio y a las rutas ya antes tratados en la Ordenanza N° 1338, entre otros temas relacionados a los órganos y sus competencias, del registro y habilitación de las flotas, de las condiciones y obligaciones de las Empresas de Transporte para brindar el servicio, etc.
- La Ley N° 27972 llamada Ley Orgánica de las Municipalidades, define las objetivo, funciones y el alcance del poder de las municipalidades.
- El Plan Regulador de Rutas El Plan Regulador de Rutas (PRR), busca establecer las pautas principales dentro del Sistema Integrado de Transporte Público (SIT), con el fin de lograr rapidez, seguridad, confiabilidad, confort, accesibilidad y regularidad del servicio de transporte público de personas.

Ante este panorama regulatoria, las empresas de transporte requieren de mecanismos de gestión de sus actividades principales para cumplir con sus objetivos de negocio, brindar servicios de calidad a sus usuarios y cumplir con la regulación pertinente. Realidad que muchas veces no es entendida por las direcciones de estas empresas principalmente por el ya mencionado índice de informalidad presente.

Las tecnologías de información se constituyen en herramientas de apoyo y mejora de los procesos de negocio y —para el escenario descrito anteriormente— de gestión, en la Municipalidad Metropolitana de Lima, en dos frentes principalmente: soporte en la administración de horarios y de rutas. A partir de la automatización de la información del sistema de transporte se pueden optimizar otros dos aspectos: los horarios de salida y la frecuencia de pase de las unidades por los paraderos establecidos, lo que conllevaría a mejorar el servicio a los usuarios, debido a que no se tendrían unidades sobrecargadas de pasajeros.

El presente proyecto de tesis propone la implementación de un sistema de administración de rutas y horarios como una herramienta útil para los administradores, es decir los gestores del sistema de transporte público de personas (usuarios representantes tanto de la GTU como de PROTRANSPORTE), pues permitirá el registro de rutas contemplando el proceso de creación y modificación de fichas técnicas de rutas, la carga de datos del tráfico, la carga de datos de la demora, la carga de datos de la demanda, el registro de empresas de transporte, de líneas de transporte, de las licitaciones y el registro de horarios con la opción de generarlo automáticamente de manera optimizada tomando como parámetros la información almacenada referente a la ruta y la línea con el fin de establecer un horario adecuado ante las limitaciones existentes, consulta de los horarios de viaje, etc.

De igual manera, el sistema podrá ser empleado por las empresas de transportes para ver la información de las líneas, flotas y medios de transporte registrados debidamente según el proceso regular de inscripción en el sistema de transporte urbano, solicitar modificaciones en la ficha técnica de las rutas en la que prestan servicio, solicitar modificación de los horarios del itinerario diarios en las rutas, administrar la lista de





FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

tramites o tareas pendientes solicitadas por el administrador (por parte de la Municipalidad de Lima Metropolitana) y consultar reportes. Los pasajeros tendrán acceso a la información resultante de toda la información centralizada, para conocer sobre los medios que prestan servicio, los viajes a realizarse en el día, las rutas, etc.

### OBJETIVO

Analizar, diseñar e implementar un sistema de información en un entorno Web, que permita la administración de rutas y la generación manual o automatizada de los horarios del sistema de transporte público por medio de un algoritmo meta heurístico GRASP Construcción.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos del presente proyecto son:

- Modelar la arquitectura de información necesaria para administrar (registrar, editar y/o deshabilitar manualmente) las rutas de transporte como los horarios del sistema.
- Establecer los mecanismos de carga masiva de información de rutas para la arquitectura definida, considerando aspectos tales como distancia de la ruta, paraderos por línea, tramos, entre otros datos.
- Establecer indicadores de la demanda de unidades por ruta sobre la base de la densidad de usuarios pasajeros.
- Diseñar un algoritmo GRASP Construcción para la generación automática de horarios de acuerdo a las rutas establecidas considerando una serie de parámetros (p.ej. frecuencias, demanda, duración de viaje, tráfico y cantidad de medios de transporte), con el fin de optimizar la creación de horarios minimizando costos innecesarios y, asimismo, maximizando la satisfacción por el servicio gracias a una eficiente distribución de las salidas de los buses.
- Implementar un prototipo del sistema de información en un entorno Web adecuado para esta solución usando herramientas, controles, estilos y formatos comunes basados en estándares conocidos.

### RESULTADOS ESPERADOS

- Modelo de la arquitectura de información que permita manejar las rutas y los elementos identificados en ellas (tramos y paraderos), junto con toda la información asociada a los horarios de funcionamiento de las unidades de transporte.
- Módulos de carga masiva de datos e inicialización de estructuras para manejar rutas y horarios.



FACULTAD DE  
**CIENCIAS E  
INGENIERÍA**  
ESPECIALIDAD DE  
INGENIERÍA INFORMÁTICA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD  
CATÓLICA**  
DEL PERÚ

- Listado de indicadores del tráfico, de la demanda y de la exactitud de los tiempos de demora establecidos por tramo. Todos ellos basados en los datos reales del parque automotor los mismos que se cargaran de forma masiva al sistema”
- Pseudo código del algoritmo GRASP Construcción implementado con la funcionalidad de generar el horario a partir de la ruta establecida tomando en cuenta las estadísticas del tráfico.
- Prototipo del sistema conteniendo una interfaz de trabajo fácil e intuitiva siguiendo un mismo estándar en toda la aplicación, un menú lateral visible en toda la aplicación para acceder con facilidad a las diferentes opciones del sistema para permitir una buena navegabilidad.

### ALCANCE

El sistema se basará en registro de usuarios, registro de grupos y perfiles, registro de empresas de transporte, registro de líneas de transporte, registro de medios de transporte y flotas, registro de paraderos, registro de tramos y rutas, registro de horarios, generación automática y optimizada de horarios, establecimiento de tiempos de demora.

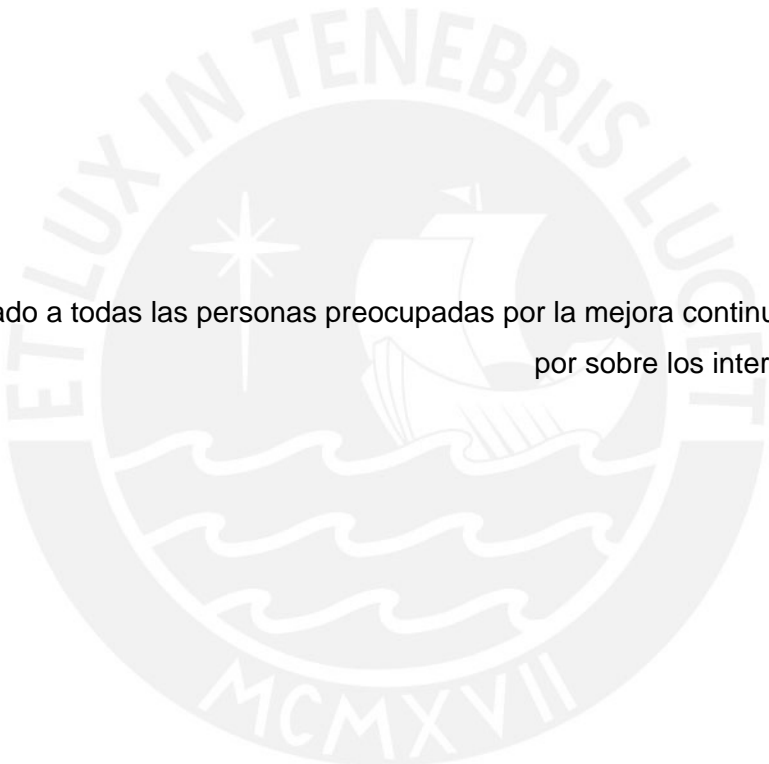
Permitirá la ejecución de procesos automáticos, para la actualización de datos en los medios, la actualización de los estados de los horarios y la generación del itinerario de cada bus para el presente día. Estos deben de ejecutarse todas las madrugadas, a causa de que los horarios tienen un periodo de vigencia y pueden modificarse de un día a otro, es necesario conocer los medios disponibles para la generación del itinerario de los viajes, y además, los datos (tráfico, tiempo de demora, demanda), que se emplean para la generación del horario de los viajes son tomados de las muestras obtenidas recientemente inclusive las del día anterior, por ello es necesario tener los datos actualizados para ya que pueden provocar cambios significativos en los cálculos diarios.

El proyecto incluirá la implementación de un algoritmo para la generación de horarios de las líneas de transporte.

Adicionalmente, el sistema utilizará la información almacenada para la generación de reportes y visualización de gráficos que ayudarán a una mejor toma de decisiones.

Los medios que se empleen para la obtención de los datos de la demanda por paradero, demora y tráfico por tramo de ruta, son variables y externos a la aplicación, estos serán cargados por archivos con extensión de Excel siguiendo un formato definido.

*Máximo: 100 páginas*



Dedicado a todas las personas preocupadas por la mejora continua de la sociedad  
por sobre los intereses personales.





Agradezco a mis padres por su apoyo y preocupación diario.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	4
1.1. Definición del Problema	4
1.2. Marco Conceptual	8
1.3. Marco Legal	30
1.4. Plan del Proyecto	34
1.5. Estado del Arte	36
1.6. Descripción y Sustentación de la Solución	42
CAPÍTULO 2. ANÁLISIS	44
2.1. Metodología Aplicada en el Desarrollo	44
2.2. Identificación de Requerimientos	48
2.3. Análisis de la solución	53
CAPÍTULO 3. DISEÑO	62
3.1. Arquitectura de la Solución	62
3.2. Diseño del Algoritmo para la Generación de Propuestas de Horarios	71
3.3. Especificación de Interfaz Gráfica	82
3.4. Arquitectura de la Información	85
CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS	90
4.1. Construcción	90
4.2. Pruebas	96
CAPÍTULO 5. OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	97
5.1. Observaciones	97
5.2. Conclusiones	100
5.3. Recomendaciones y Trabajos Futuros	103
BIBLIOGRAFÍA	105



## Índice de Ilustraciones

Figura 1.1: Organigrama de la Gerencia de Transporte Urbano.....	10
Figura 1.2: Estructura de un Algoritmo GRASP .....	17
Figura 1.3: Proceso de Autorización de Servicio – Parte 1 .....	23
Figura 1.4: Proceso de Autorización de Servicio – Parte 2 .....	24
Figura 1.5: Proceso de Modificación de Ficha Técnica.....	29
Figura 2.1: Catálogo de Actores.....	59
Figura 2.2: Diagrama de Clases de Análisis .....	61
Figura 3.1: Vista de Casos de Uso.....	63
Figura 3.2: Vista Lógica.....	66
Figura 3.3: Vista de Despliegue .....	68
Figura 3.4: Pantalla Principal del Sistema.....	83
Figura 3.5: Cabecera de la pantalla .....	84
Figura 3.6: Área del Menú de la pantalla.....	84



## Índice de Tablas

Tabla 2.1: Prioridades de los requerimientos .....	49
Tabla 2.2: Exigibilidad de los requerimientos .....	49
Tabla 2.3: Lista de requerimientos funcionales .....	53
Tabla 2.4: Lista de requerimientos no funcionales .....	53
Tabla 3.1: Valores del alfa probados en la primera parte de la prueba.....	81
Tabla 3.2: Valores del alfa probados en la segunda parte de la prueba .....	81
Tabla 3.3: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva del tráfico .....	86
Tabla 3.4: Formato del archivo de Excel para la carga masiva del Tráfico.....	86
Tabla 3.5: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva del Tráfico .....	86
Tabla 3.6: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda .....	87
Tabla 3.7: Formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda.....	87
Tabla 3.8: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda .....	87
Tabla 3.9: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demora .....	88
Tabla 3.10: Formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demora.....	88
Tabla 3.11: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva de la demora .....	88



## INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte público de pasajeros es un servicio que se brinda a la población, el cual le permita desplazarse entre distintos puntos de la ciudad y en el que confluyen tanto las entidades municipales y regulatorias como las empresas de transportes particulares. Éstas últimas son las propietarias de los medios de transporte que llevan a cabo el servicio propiamente. En Lima, la autoridad competente para regular y reglamentar este servicio es la Municipalidad Metropolitana de Lima y lo hace mediante los siguientes entes:

- El Concejo Metropolitano.
- La Alcaldía Metropolitana.
- La Gerencia de Transporte Urbano.
- El Instituto Metropolitano Protransporte de Lima (PROTRANSPORTE).

El Concejo y la Alcaldía tienen las competencias establecidas en la Ley N° 27972, titulado LEY ORGÁNICA DE MUNICIPALIDADES. En ella se define principalmente las competencias, funciones y alcances de los gobiernos locales, además de la función y los derechos frente a ellos de los vecinos. En el título XIII se definen, más ampliamente, las competencias y responsabilidades de la municipalidad de Lima en las cuales se destacan las responsabilidades para desarrollar su rol de fiscalizar el correcto funcionamiento de todo el sistema de transporte.

La Gerencia de Transporte Urbano de la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene dentro de sus competencias el poder emitir normas complementarias necesarias para la gestión y fiscalización. En cuanto a la gestión, posee la competencia para autorizar las áreas o vías saturadas, otorgar títulos habilitantes a empresas de transporte, otorgar autorizaciones para la prestación de servicios, otorgar concesiones para la prestación de servicios mediante licitación pública, administrar los registros, otorgar el certificado para la infraestructura complementaria de transporte terrestre del servicio de transporte público, autorizar y establecer paraderos, entre otros.

En la fiscalización, debe realizar las acciones fiscalizadoras del servicio (detección de infracciones, imposición y ejecución de las sanciones), fiscalizar a los operadores de infraestructura complementaria de transporte terrestre, y además, previo convenio con la Municipalidad Metropolitana de Lima, se podrá delegar la supervisión y detección de infracciones y contravenciones a la Ordenanza N° 1599 con las Municipalidades Distritales o tercerizando en entidades privadas.

PROTRANSPORTE tiene competencias indicadas en el Reglamento de Organización y Funciones de la Municipalidad Metropolitana de Lima, la Ordenanza N° 732 y sus modificatorias.

De otro lado, dadas las facilidades de importación tanto de autos nuevos como usados producidas en el país los últimos 20 años, el parque automotor se ha incrementado considerablemente también para las unidades de transporte público. Este incremento sumado a la carencia de vías de comunicación ha provocado una mayor congestión en las ya existentes, sobre todo en las avenidas y calles principales las cuales ya desde muchos años atrás se presentaban problemas de exceso de tráfico, ya que estas mismas se deben de compartir con el transporte privado. La mayoría de la población recurre al servicio de transporte público, por lo cual es de suma importancia que este servicio pueda abastecer sus necesidades, ya que es la alternativa más accesible de transporte en el aspecto económico.

La información acerca de los medios de transporte así como los recorridos de las distintas líneas existentes en Lima, no es difundida de una manera adecuada. Los pasajeros suelen conocer sobre los buses y los paraderos que recorren por medio de experiencias propias o por referencias de personas conocidas<sup>1</sup>.

Tanto la experiencia como la publicación de esta información puede ayudar a

---

<sup>1</sup>En la página de la municipalidad de Lima esta la lista de las rutas y líneas existentes en el transporte metropolitano con el fin de ayudar a la población, el problema es que no está difundido.



conocer sobre las líneas y sus recorridos, con ello se puede saber cuáles son las mejores opciones o simplemente las alternativas existentes para llegar al destino. Lo que sí es arbitrario es la hora en la que se puede encontrar el bus que se necesita y la rapidez con la que se hará el viaje, ya que además de depender del tamaño de la ruta, también se ve afectada por el tráfico y por la velocidad con la que se dirija el medio, lo cual hace que en la actualidad estos tiempos de viaje tengan una duración indefinible, con amplia variabilidad. La falta de control es una de las razones fundamentales de que suceda esto, la falta de centralización de esta información para todo el público objetivo.

En caso se cuente con el conocimiento de las líneas y sus respectivos recorridos, el problema que va más allá del pasajero es la hora de paso del bus en el paradero donde requiera tomarlo. No hay medio alguno que lo defina.

Por medio del sistema Metropolitano implantado en Lima, se puede llegar a pensar en una mejor organización para el sistema de transporte limeño, con paraderos definidos, lo que dejaría como tarea pendiente una mejor administración de los horarios y los medios de transporte con el fin de satisfacer principalmente a los usuario, que son los clientes directos del servicio y los más perjudicados ante los inconvenientes.

## **CAPÍTULO 1. GENERALIDADES**

### **1.1. Definición del Problema**

El sistema de transporte público tiene como objetivo trasladar a una persona de un punto a otro con el fin de que el pasajero se beneficie del servicio. En los últimos años con motivo del incremento y el poco control del tráfico como del sistema de transporte en las calles de Lima, la insatisfacción es alta, ya que los clientes no logran beneficiarse de la manera que esperan con el servicio.

En Lima metropolitana habitan alrededor de ocho millones y medio de personas, según estadísticas hasta finales del 2009. En él se concentra el 68,5% del parque automotor nacional, lo que vendría representado aproximadamente 800000 vehículos. El crecimiento continuo tanto de la población como del tráfico, exige una mayor organización, controlada y dirigida, con el fin de no saturar las vías de comunicación, si no, no se estará cumpliendo el objetivo del sistema de transporte que es servir a la ciudadanía para favorecerla. El 80% de viajes realizados al día en Lima se realizan por medio de transporte público, esto es aproximadamente 10 millones de viajes en promedio [9].

El sistema de transporte metropolitano de Lima cuenta con una serie de inconvenientes que hacen más complicado el alcance de sus objetivos:

- Pocos vehículos de gran capacidad en el parque automotor.
- Falta de capacidad económica por parte de empresas y/o propietarios individuales para la renovación de vehículos.
- Falta de visión empresarial por parte de las empresas de transporte.

La necesidad del pasajero para llegar a su destino es desconocido por la empresa de transporte, y no hay alguna razón para que esto tenga que afectarlo, pero el pasajero tiene el derecho de calcular su demora con tiempos aproximados. Por ejemplo, una persona que sube a su bus en un punto A, el tiempo que le tomara para llegar a un punto B es variable, estará dependiendo de la hora en la que se requiere el servicio y del día básicamente, pero hay ciertas variables que lo harán seguir una tendencia de demora, para tener mayor confiabilidad y certeza. Los motivos para que no se dé un nivel de confianza adecuado, se centran en una serie de deficiencias de gestión y operación, entre múltiples razones, la falta de control del crecimiento del parque automotor, el ineficiente marco regulatorio correspondiente, la informalidad del mercado mismo por parte de las empresas dedicadas al transporte público, la escasa cultura de respeto hacia los reglamentos de tránsito de conductores y peatones, etc. Puntualizando en las causas principales de la problemática en el sistema de transporte se listan las siguientes:

- Sobreoferta: Cerca de 31000 vehículos dedicados al transporte público masivo, lo cual provoca que los conductores traten de ganar la mayor cantidad de pasajeros, lo que conlleva a observar una actitud agresiva en los conductores y cobradores de las unidades de transporte [29].
- Alta tasa de accidentes: una consecuencia de la agresividad de los conductores por ganar mayor cantidad de pasajeros. El 2009 se registró 54 mil 205 accidentes.
- Congestionamiento en las principales vías de Lima: La excesiva cantidad de medios y la competitividad de las unidades de transporte, reducen dramáticamente la capacidad de las principales vías.
- Incumplimiento de normas de tránsito y transporte: Al tratar de ganar mayor cantidad de pasajeros, establece un entorno que se le denominada “ley de la selva”, donde los más atrevidos y fuertes ganan, lo cual obliga a los conductores a infringir las normas de tránsito y transporte. Este desorden ha degenerado el objetivo de las empresas de transporte que es brindar un buen servicio al cliente, tomando como prioridad colocar mayor número de unidades afiliadas, de ese modo la calidad del servicio queda a segundo plano. Las



- Incremento de empresas de transporte: reducción de la cantidad de empresas propietarias de los vehículos, e incremento de empresas afiliadoras. El problema de este sistema, que llevaba más de 30 años y se iba masificando a través del tiempo, es que las empresas autorizadas tercerizaban el servicio a otras empresas llamadas afiliadoras, con lo cual podían evadir cualquier responsabilidad. Con la Ordenanza No. 1338, entre varios puntos tratados, se trata de controlar este tipo de situaciones, ya que establece que las empresas autorizadas sean las propietarias de los buses o que los contraten directamente mediante arrendamientos financieros.

Estos puntos no deberían de afectar a los clientes, pero lo hacen por las deficiencias ya mencionadas. Por ejemplo en el caso de las competencias entre buses de una o varias líneas se dan por la manera como se gestionan las empresas de transporte que basan ganancias en la cantidad de vueltas que realizan en su respectiva ruta y la cantidad de pasajeros, lo cual los obliga a buscar mayor productividad en lugar de brindar un mejor servicio, que aparentemente es lo que menos interesa tanto a las mismas empresas como al cobrador y al chofer de turno. Este modelo ineficiente no se emplea en ciudades con mejor servicio de transporte metropolitano como Santiago de Chile y Bogotá, por dar algunos ejemplos cercanos.

Por otro lado, las remodelaciones de las vías de tránsito son necesarias y periódicas, con lo que se busca beneficiar a la ciudadanía. Si bien incrementarán el tiempo de viaje a los usuarios, el problema se da en la comunicación, ellos deberían de estar informados con anticipación del tiempo extra que tardarán, y con ello el cliente mismo controlar sus tiempos y planificar con conocimiento el viaje que debería de realizar, con lo cual ya estaría bajo su propia responsabilidad. En la actualidad los mecanismos de comunicación y difusión a los usuarios no son efectivos. Estos si bien quieren saber las posibles razones de sus demoras, lo que finalmente le importa es saber el tiempo total que tardará en llegar a su destino, siendo transparente todos estos factores que pueden influir, porque al final de todo lo que les importa son los tiempos de demora que deben de tomar en cuenta, los cuales son:

- Tiempo desde que se llega al paradero y se toma el autobús. Referido al tiempo que el pasajero espera hasta que el bus que necesita pasa por tal paradero.

- Tiempo de duración del viaje. Referido a los tiempos de demora entre paraderos hasta llegar a su destino. Factores influyentes en este aspecto son el tráfico, la ruta, entre otras cosas que se especificaran en detalle.

Así mismo, el proveedor del servicio no tiene que reducir ganancias por costos que se pueden prescindir si se evitaran por los siguientes escenarios:

- Alto tráfico de autobuses de la misma ruta en un mismo momento, lo cual puede provocar pérdidas porque la demanda de pasajeros se repartiría entre ellos y existiría la posibilidad de no percibir ganancias por ello.
- Alta frecuencia de autobuses en horas en las que no es necesario o baja frecuencia en horas que es necesario.

Una mejor dirección basada en información centralizada y útil para la toma de decisiones ayudará a brindar un servicio óptimo, ya que será enfocado a las necesidades reales. El no contar con ello provocan la insatisfacción en los usuarios, en los que no son usuarios (ya que sufren la consecuencia de un servicio de transporte ineficiente al compartir las mismas vías ya sea como peatones o con vehículos privados), y en los proveedores de los medios de transporte, lo que se simplifica en la poca organización en:

- Administración de las salidas de los autobuses. Administración de los buses registrados por ruta, y organizar su partida.
- Administración de los horarios para cada ruta. Incluye horarios de paso de cada medio de transporte en cada paradero, desde la partida hasta la llegada.
- Control del tráfico.
- Control del estado de los tramos en la ruta.

Como requerimiento en la actualidad también podemos encontrar como necesario la adquisición de flotas modernas, más que por el sistema nuevo, por la comodidad de los pasajeros, los cuales desean mejor servicio respecto a la comodidad, a la contaminación en el ambiente y tener mayor confiabilidad en un transporte nuevo y con menor probabilidad a que presenten inconvenientes en su uso.

Además de ello necesita cambios organizacionales, en los cuales se pueda tener mayor control sobre las empresas de transporte, dispositivos tecnológicos para aprovechar los beneficios de la integración con un sistema informático.

La solución propuesta para este problema es implementar un sistema de información para la administración de rutas y horarios para la problemática del transporte metropolitano.

## 1.2. Objetivo General

Analizar, diseñar e implementar un sistema de información en un entorno Web, que permita la administración de rutas y la generación manual o automatizada de los horarios del sistema de transporte público por medio de un algoritmo meta heurístico GRASP Construcción.

## 1.3. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del presente proyecto son:

- Modelar la arquitectura de información necesaria para administrar (registrar, editar y/o deshabilitar manualmente) las rutas de transporte como los horarios del sistema.
- Establecer los mecanismos de carga masiva de información de rutas para la arquitectura definida, considerando aspectos tales como distancia de la ruta, paraderos por línea, tramos, entre otros datos.
- Establecer indicadores de la demanda de unidades por ruta sobre la base de la densidad de usuarios pasajeros.
- Diseñar un algoritmo GRASP Construcción para la generación automática de horarios de acuerdo a las rutas establecidas considerando una serie de parámetros (p.ej. frecuencias, demanda, duración de viaje, tráfico y cantidad de medios de transporte), con el fin de optimizar la creación de horarios minimizando costos innecesarios y, asimismo, maximizando la satisfacción por el servicio gracias a una eficiente distribución de las salidas de los buses.
- Implementar un prototipo del sistema de información en un entorno Web adecuado para esta solución usando herramientas, controles, estilos y formatos comunes basados en estándares conocidos.

## 1.4. Resultados Esperados

- Modelo de la arquitectura de información que permita manejar las rutas y los elementos identificados en ellas (tramos y paraderos), junto con toda la información asociada a los horarios de funcionamiento de las unidades de transporte.
- Módulos de carga masiva de datos e inicialización de estructuras para manejar rutas y horarios.
- Listado de indicadores del tráfico, de la demanda y de la exactitud de los tiempos de demora establecidos por tramo. Todos ellos basados en los datos



- Pseudocódigo del algoritmo GRASP Construcción implementado con la funcionalidad de generar el horario a partir de la ruta establecida tomando en cuenta las estadísticas del tráfico.
- Prototipo del sistema conteniendo una interfaz de trabajo fácil e intuitiva siguiendo un mismo estándar en toda la aplicación, un menú lateral visible en toda la aplicación para acceder con facilidad a las diferentes opciones del sistema para permitir una buena navegabilidad.

## 1.5. Marco Conceptual

A continuación se definen los conceptos relacionados al sistema de transporte público.

### 1.5.1. Transporte público terrestre

Transporte es el sistema de medios para conducir personas y cosas de un lugar a otro [2]. Transporte público es el servicio de transporte que se realiza por cuenta ajena mediante contraprestación económica. Transporte público terrestre es el servicio prestado por medios de transporte terrestres.

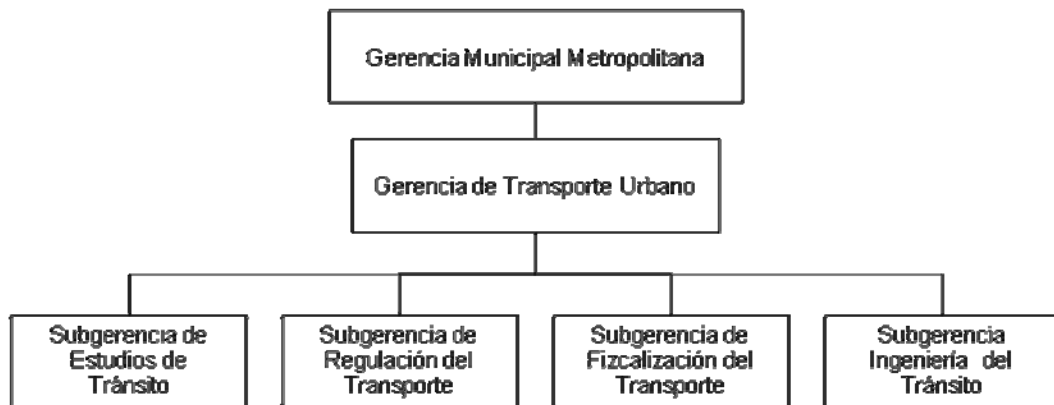
Este servicio por tratarse de un servicio a la comunidad es regulado por entidades normalmente del gobierno. En el Perú, la entidad reguladora del transporte en general es el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### 1.5.2. Dirección General de Circulación Terrestre

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones tiene una división en el área de la circulación terrestre, la cual es la Dirección General de Circulación Terrestre, que es un órgano de línea del Viceministerio de Transportes. Tiene como fin normar, autorizar, supervisar, fiscalizar y regular el transporte y tránsito terrestre de personas y carga, actividad que realiza de acuerdo a lo dispuesto por el ordenamiento legal vigente [1].

### 1.5.3. Gerencia de Transporte Urbano

Es una gerencia de la Municipalidad Metropolitana de Lima (GTU), es la entidad encargada de planificar, regular y gestionar el tránsito urbano de pasajeros. Otorga concesiones, autorizaciones y permisos de operación a las actividades relacionadas al transporte de pasajeros. Además tiene la función de fiscalizar y controlar el cumplimiento de lo establecido en las concesiones otorgadas por parte de las



**Figura 1.1: Organigrama de la Gerencia de Transporte Urbano**

Funciones:

- Planear, organizar, coordinar, dirigir, supervisar y controlar las actividades y proyectos relacionados al Sistema de Transporte y Tránsito
- Formular, ejecutar, supervisar y evaluar los planes relacionados a las acciones y al presupuesto.
- Proponer políticas públicas locales para promover optimizar la gestión del Sistema de Transporte y Tránsito.

#### **1.5.4. Administración de Horarios en el Transporte Público**

Es el registro, planificación, regulación y gestión de tiempos que rigen el sistema de transporte público en la ciudad, determinando horas aproximadas de las salidas y de los pasos por los paraderos de los autobuses en su determinada ruta.

#### **1.5.5. Administración de Rutas en el Transporte Público**

Es la planificación, regulación y gestión de rutas utilizadas en el sistema de transporte público en la ciudad, autorizadas previamente por el GTU. Una ruta une una serie de paraderos por donde se transportaran a los pasajeros hacia su destino.

#### **1.5.6. Tráfico**

Movimiento o tránsito de personas, mercancías, etc., por cualquier medio de transporte [2]. Circulación de vehículos por calles, avenidas, entre otras vías [2].

#### **1.5.7. Tránsito del Transporte Público**

Transito es una actividad de personas y vehículos que pasan por una calle, una carretera, entre otros [2]. El transito del transporte público es el flujo de vehículos

### **1.5.8. Ruta**

Camino o dirección que se toma para un propósito [2]. En el sistema de transporte público, ruta es el camino o recorrido de los vehículos que une puntos céntricos de las ciudades o de una ciudad, con el fin de tener acceso a la mayor cantidad de zonas a las que la población necesita llegar. Estos puntos son los paraderos, unos de mayor importancia que otros por la cantidad de gente que se transporta hacia ella.

### **1.5.9. Horario Cumplido**

Horas de salida del terminal y de paso en cada paradero cumplidas por cada medio de transporte pertenecientes a cada línea en un determinado día.

### **1.5.10. Horario Teórico**

Horas de salida del terminal y de paso en cada paradero que son estimadas a partir de los horarios cumplidos con uso de métodos estadísticos para mayor exactitud y de reajustes constantes para los cambios en las vías que se puedan presentar.

### **1.5.11. Hora punta u hora Pico**

Se le denomina coloquialmente de ese modo en el ámbito del transporte público a aquella hora u horas en la cual el tráfico llega a sus máximos valores del día, las avenidas o calles de ciertas zonas se congestionan por la alta cantidad de vehículos privados y públicos [9].

### **1.5.12. Frecuencia**

Repetición mayor o menor de un acto o de un suceso [2]. En el sistema de información web propuesto se empleará el término para expresar las repeticiones en los pasos de vehículos de la misma línea, con la misma ruta entre diferentes líneas o con fragmentos de rutas en común entre ellas. Lo cual ayudara para calcular el tráfico y determinar mejores distribuciones del transporte [9].

### **1.5.13. Paradero**



Es el punto de parada autorizado provisto de mobiliario y/o señalización, ubicado en las vías que forman parte del recorrido autorizado de una ruta y que es empleado para el embarque y desembarque de personas. Estas se encuentran distribuidas en las ciudades conectando diversos puntos céntricos y/o estratégicos [9].

#### **1.5.14. Tramo de Ruta**

Se le denominara de ese modo al recorrido entre dos paraderos. Una ruta está compuesta de muchos tramos y un tramo puede formar parte de muchas rutas. Por ejemplo del paradero del cruce de la avenida Angamos y Arequipa hasta el paradero de la avenida Aramburu y Arequipa se le considerara un tramo, el cual forma parte de la ruta de muchas líneas [9].

#### **1.5.15. Línea de Transporte**

La línea de transporte está formada de un conjunto de vehículos para uso de transporte público usados para una misma ruta. Las empresas de transporte pueden tener bajo su administración muchas líneas de transporte. Cada línea se identifica por letras y números, el cual tiene que ser único [9].

#### **1.5.16. Empresa de Transporte**

Es la persona jurídica registrada, inscrita y que cuenta con la autorización o concesión otorgada por la GTU para prestar el servicio de transporte publico regular de personas en Lima Metropolitana de acuerdo a la ruta o rutas establecidas. Para el proyecto se nombrara de este modo a las empresas que brindan servicio de transporte en Lima metropolitana. Estas empresas son regularizadas por la Municipalidad de Lima a través de la Gerencia de Transporte Urbano [9].

#### **1.5.17. Usuario, Pasajero o Cliente**

Se le denominara usuario pasajero o cliente a las personas naturales que usan el servicio del sistema de transporte público a cambio del pago de una tarifa, independiente de la frecuencia con la que lo hagan. Toda la población de Lima Metropolitana son los usuarios potenciales, porque el servicio está al alcance de toda la ciudadanía para cuando lo necesiten [9].

#### **1.5.18. Prueba de Hipótesis**

Una hipótesis es una conjetura no confirmada, una suposición, por medio de una prueba se afirma o se rechaza. En el caso estadístico, se emplea la información obtenida con la que se determinara la viabilidad de la hipótesis. Para ello se debe

En términos estadísticos, se definen dos hipótesis [11]:

- Hipótesis nula: Se trata de comprobar la veracidad de esta premisa, reclamo o conjetura sobre la naturaleza de una o varias poblaciones, se representa por  $H_0$ .
- Hipótesis alterna: Es la premisa que es cierta cuando la hipótesis nula es falsa.

Durante la prueba de hipótesis se pueden cometer dos errores en base a la muestra obtenida [11]:

- Error Tipo 1: Si se rechaza la hipótesis nula que es cierta.
- Error Tipo 2: Si se acepta la hipótesis nula que es falsa.

A partir de la muestra, esta se ajusta a una distribución. Para el caso de tener una muestra con gran cantidad de datos y con varianza conocida, se emplea la normal, en caso no se conozca se emplea la t-student. Se puede emplear la prueba de hipótesis a dos colas que usualmente se usa cuando se quiere probar si la media supuesta es la de la muestra, y a una cola cuando se quiere saber si un valor supuesto es mayor o menor al de la muestra. Para el rechazo de la hipótesis se debe determinar el nivel de significancia, con lo cual se determinara el área de aceptación y de rechazo [11].

- Nivel de significancia: Este valor indica la tolerancia que se tendrá con los valores de la muestra obtenida. Cuanto mayor es el valor, el tamaño del área de rechazo aumenta. Cuanto menos sea, el tamaño del área de aceptación se incrementa.
- Región de aceptación: Área debajo de la curva de la distribución en la que se acepta la hipótesis.
- Región de rechazo: Área debajo de la curva de la distribución que se encuentra en los extremos si es a dos colas o en solo uno si es a una cola, este tamaño es definido por el nivel de significancia.

#### 1.5.19. Carrera

En el ambiente del transporte público como en el presente documento, se le denominara carrera al recorrido completo que realice un determinado medio de transporte perteneciente a una línea, en una ruta. Es decir, al recorrido desde la salida del primer paradero, hasta que llegue al último.

### 1.5.20. Algoritmos Heurísticos

Se denomina algoritmos heurísticos cuando la solución no se puede determinar de manera directa, esta debe de encontrarse por medio de pruebas iterativas. La idea del algoritmo es de generar posibles soluciones de acuerdo a condiciones establecidas, los cuales son criterios que se deben de cumplir para la solución. De esta manera se va eligiendo la mejor o las mejores soluciones a partir de los candidatos que cumplen las condiciones. La desventaja de este tipo de algoritmos es que pueden dar como soluciones óptimos locales (miopía) [34].

### 1.5.21. Algoritmos Meta Heurísticos

Los algoritmos meta heurísticos son algoritmos no exactos, se basan en métodos heurísticos a un nivel superior, con el fin de conseguir una exploración eficaz y eficiente. Este tipo de algoritmo es más costoso que los algoritmos heurísticos por el mismo motivo que exploran el universo con más rigurosidad. Este algoritmo trata de brindar las mejores soluciones evitando caer en óptimos locales, por ello los diferentes exhaustivos procesos que permiten explorar más allá que los elementos del vecindario (los denominados mejores candidatos).

El nivel de bondad para cuantificar el grado de adecuación de una determinada solución puede depender del caso que se tenga que realizar, además del análisis del costo y del beneficio, pues a mayor nivel de bondad, los resultados pueden ser mejores pero el costo también aumenta [34].

### 1.5.22. Óptimos Locales

Los óptimos locales en los algoritmos de inteligencia artificial son aquellos que por no contar con métodos de búsqueda más robustos caen en la determinación de soluciones entre los mejores candidatos a partir de los criterios del caso. Pero esto no es lo mejor en muchos de estos casos, ya que la solución integral de un caso puede no resultar de la combinación de los mejores candidatos. Es decir, en un algoritmo miope que cuenta con este problema, solo se podrá evaluar las mejores combinaciones de los candidatos considerados óptimos, que en realidad no son las mejores soluciones, pero que por no contar con una exploración de elementos del universo más eficiente y eficaz, no podrán percatarse de que solo evalúan los mismos elementos (vecindario), sin considerar que pueden haber mejores si se tomaran en cuenta otros elementos del universo [34].

### 1.5.23. Algoritmos Determinísticos y No Determinísticos



Los algoritmos determinísticos son aquellos que tienen una solución única, es decir son predictivos una vez que se tiene los criterios a considerar. En otras palabras, si se volvieran a correr con las mismas precondiciones, siempre arrojaría el mismo resultado.

Los algoritmos no determinísticos son aquellos que tienen diferentes posibles soluciones, una cantidad infinita o indeterminada, de las cuales solo se buscan obtener las óptimas. En otras palabras se podría indicar que bajo las mismas precondiciones, un algoritmo podría devolver diferentes resultados [34].

#### 1.5.24. Algoritmo GRASP

Los algoritmos GRASP son parte de la familia de algoritmos meta heurísticos que se emplea para problemas de optimización. Los algoritmos meta heurísticos son la evolución de los heurísticos, que presentan una mejora en los cuales se trata de mejorar la efectividad y el éxito de estos evitando arrojar soluciones erróneas, es decir soluciones basadas en óptimos locales [15].

La metaheurística trata intensificar y diversificar, es decir, explotar el espacio y tratar de combinar entre distintos elementos de la muestra para tratar de determinar un solución que sea positiva, que este dentro de las expectativas deseadas, ya que no es posible determinar una mejor solución, ya que no son determinísticos, pero lo que se busca siempre es encontrar soluciones óptimas.

El algoritmo GRASP o procedimiento de búsqueda goloso, aleatorio y adaptativo (Greedy Randomize Adaptative Search Prodecure) es uno de los algoritmos meta heurísticos, que evita caer en los problemas de los heurísticos, como los de su predecesor, el algoritmo voraz. Se evita la miopía empleando la relajación en la elección de las posibles soluciones, es decir, en lugar de seleccionar un único candidato, se presentan una serie de candidatos del cual se seleccionara uno de manera aleatoria para formar parte de la solución, con lo que finalmente se contara con diferentes soluciones de las cuales se irán seleccionando las mejores. La cantidad de iteraciones depende del problema, de la dificultad, de la necesidad, entre otros.

El algoritmo GRASP que se empleara para este aplicativo se dividirá en dos partes básicamente, en la construcción de la solución y en la selección de la mejor solución comparando entre las soluciones para quedarse con la mejor. La mejor solución en cada iteración se determinara por medio de la selección de candidatos, estos serán seleccionados a partir de los pesos asignados a cada elemento de la población por medio de la función voraz determinada. De la población se obtendrá

el peso mínimo y máximo, estas en conjunto con el valor de la constante alfa determinada para el algoritmo, se elegirán una serie de candidatos por medio de la siguiente fórmula:

- Para el caso de que los mejores sean los que tengan valores altos, se obtiene los pesos más altos por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Peso máximo} - \text{ALFA} * (\text{Peso máximo} - \text{Peso mínimo}) \leq \text{Peso} \leq \text{Peso máximo}$$

- Para el caso de que los mejores sean los que tengan valores bajos, se obtiene los pesos más bajos por medio de la siguiente expresión:

$$\text{Peso mínimo} \leq \text{Peso} \leq \text{Peso mínimo} + \text{ALFA} * (\text{Peso máximo} - \text{Peso mínimo})$$

Como se observa, el valor de ALFA es el que determinara la relajación del algoritmo, dependiendo de la complejidad y de las características del mismo, se debe de seleccionar un valor entre 0 y 1. Es recomendable que se encuentre entre 0,2 a 0,4.

En resumen, la estructura básica de un algoritmo GRASP se presenta en el diagrama de flujo mostrado en la figura 1.2 (basado en las referencias [14] y [15]).

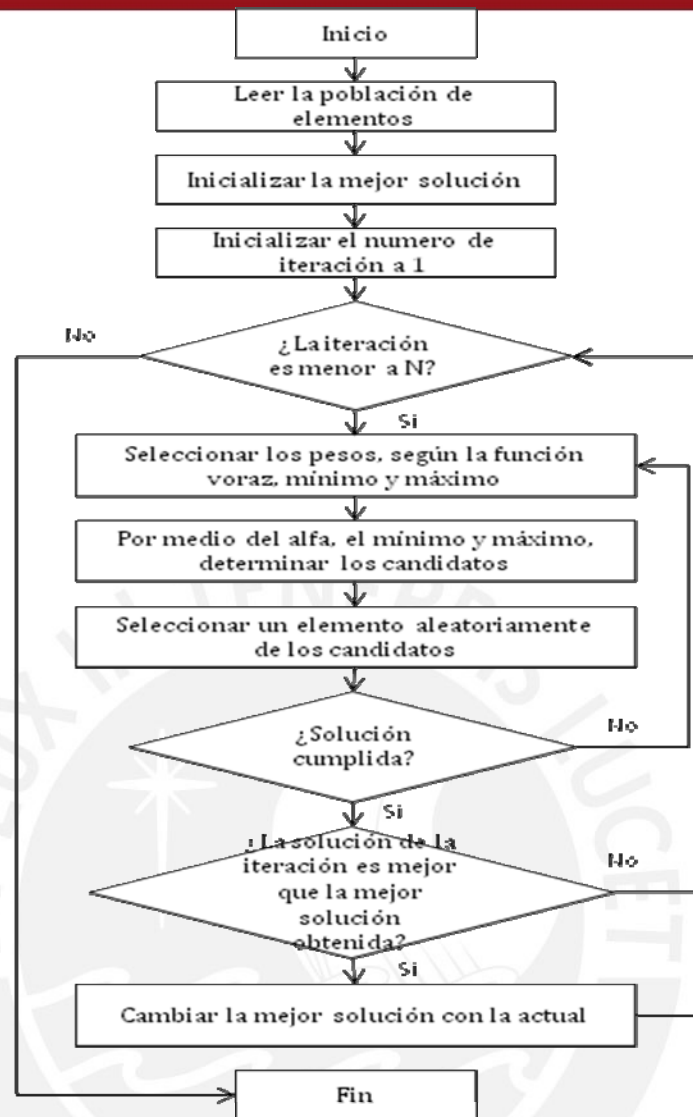


Figura 1.2: Estructura de un Algoritmo GRASP

### 1.5.25. Trámite

Es el proceso legal establecido por los entes reguladores del sistema de transporte público, en este caso la Gerencia de Transporte Urbano, que se debe de realizar con el fin de poder ofrecer el servicio de transporte en la ciudad. Estos trámites involucra diferentes actividades para la empresa de transporte, por ejemplo, en la actualidad entre algunos que existen, se encuentran los siguientes (lista de trámites extraído de la página de la Gerencia de Transporte Urbano [5]):

- Actualización de registro de gerente y directorio de empresas de transporte.
- Requisitos para credenciales para representantes legales y apoderados de empresas de transporte.
- Requisitos para duplicado y/o renovación de credenciales para representantes legales y apoderados de empresas de transporte.



- Requisitos para actualización de colores.
- Cambio de domicilio legal.
- Presentación del seguro médico de operadores (conductores y cobradores).
- Requisitos de uniforme de operadores de la empresa.
- Baja de operadores
- Inscripción de operadores de servicio.
- Inscripción de vehículo para transporte urbano.

#### **1.5.26. Empresa autorizada**

Es la persona jurídica debidamente registrada e inscrita para prestar el servicio público de transporte regular urbano e interurbano de personas. El ente que otorga este título es la Subgerencia de Regulación de Transporte [9].

#### **1.5.27. Concesión administrativa**

Es el habilitante otorgado a las personas jurídicas o contratos asociativos como resultado de un Concurso Público, con la finalidad de prestar el servicio público de transporte masivo de alta capacidad en las vías declaradas exclusivas por la autoridad administrativa [9].

#### **1.5.28. Sistema de Rutas**

Es el conjunto de rutas con detalles de fichas técnicas y condiciones específicas de operación estructurada [9].

#### **1.5.29. Infracción**

Es todo incumplimiento, inobservancia o contravención de las condiciones de acceso, permanencia u operación expresamente tipificadas como tal en las leyes, normas u ordenanzas [9].

#### **1.5.30. Autoridad Administrativa**

Se le denomina a aquella capacidad inherente al ejercicio del cargo que corresponde a la función que desempeña una persona o área dentro de la administración pública [9].

#### **1.5.31. Autorización de Servicio**

Se le denomina a la habilitación otorgada por la Subgerencia de Regulación del Tránsito a las Empresas de Transporte, para que pueda brindar el servicio de transporte público urbano e interurbano de personas en Lima Metropolitana,

### 1.5.32. Concesionario

Se le denomina así a la persona jurídica que brinda el servicio de transporte público tras haber recibido una concesión [9].

### 1.5.33. Proceso de la Licitación Pública de Ruta

El proceso para la licitación pública de rutas tiene como objetivo permitir a una o varias Empresas de Transporte participar en el concurso público para ser la concesionaria de una ruta para poder llevar a cabo el servicio de transporte urbano e interurbano de pasajeros [9]. Todo el proceso se lleva a cabo ante Notario Público. Los pasos para completar este proceso son los siguientes:

- Establecer una nueva ruta. Esto se hace luego de un análisis técnico por parte del trabajo conjunto entre las diferentes subgerencias del GTU. Entre los puntos a tomar en cuenta están los siguientes:
  - Maximizar la accesibilidad entre las diferentes cuencas de demanda, mejorando las condiciones de calidad del servicio, eficiencia y rentabilidad
  - Mejorar las condiciones actuales de eficiencia y calidad del servicio, mediante la definición de una red legible que aproveche al máximo las oportunidades que ofrece la red vial del Área Metropolitana de Lima.
  - Definir diferentes tipologías de recorridos: corredores masivos, rutas troncales, alimentadoras y de aportación; de acuerdo con la demanda estimada y la oferta vial disponible
  - Favorecer la coordinación entre líneas y la disponibilidad de puntos de transbordo eficientes, que permitan ofrecer una imagen integrada de la prestación del servicio.
  - Incrementar los niveles de cobertura existentes, diferenciando las condiciones propias de cada una de las áreas de servicio
  - Dimensionar una malla de rutas alimentadoras que incrementen la accesibilidad de los usuarios a los corredores masivos y troncales
  - Diseñar rutas alternativas para cada cuenca, en las que el usuario podrá optar por recorridos directos y de menor frecuencia, o recorridos con transbordo y frecuencias altas.
  - Aumentar la rentabilidad de los recorridos futuros, adaptando los parámetros de la operación a las necesidades reales de la demanda.

- Compatibilizar las tipologías de flota a los volúmenes de demanda y a las condiciones físicas de cada ruta.
  - Dimensionar los parámetros operativos del servicio al tipo de ruta y a las necesidades de desplazamiento de los usuarios.
  - Racionalizar los costes de operación mediante la definición de paquetes integrados de rutas para cada cuenca de demanda.
- La Subgerencia de Regulación del Transporte establece bases en la licitación pública de rutas de acceso restringido y de autorización directa en rutas de libre acceso.
- La Subgerencia de Regulación del Transporte convoca mediante una publicación en el diario Oficial "El Peruano" y otro de mayor circulación.
- Las Empresas de Transporte presentan propuestas. En este punto es donde se inicia el proceso de Autorización de Servicio.

#### 1.5.34. Proceso de Autorización de Servicio

El proceso para la obtención de la autorización de servicio tiene como objetivo permitir a las Empresas de Transporte obtener la autorización para brindar el servicio de transporte público en las calles de Lima, siempre y cuando se cumpla con los requisitos y las obligaciones a las que conlleva tener la autorización [9]. Los pasos para completar este proceso son los siguientes:

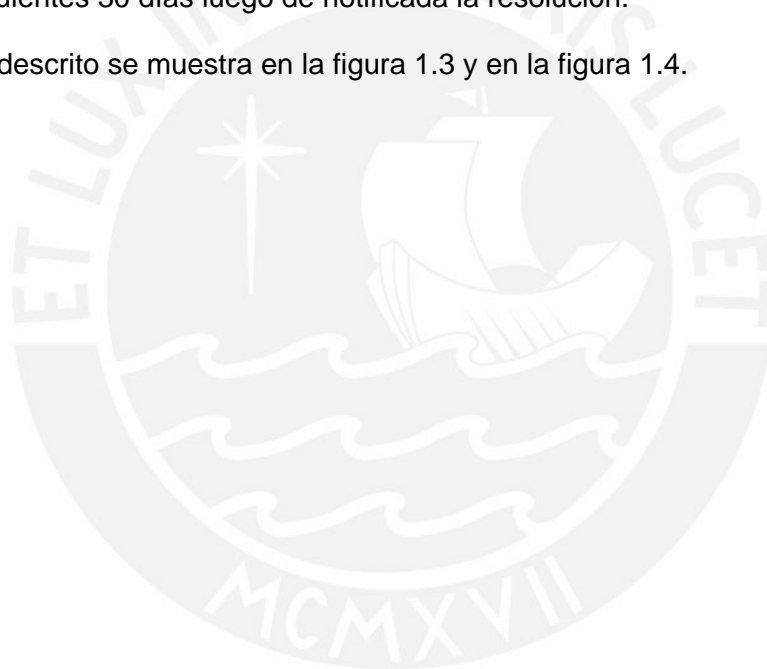
- La Empresa de Transporte prepara los requisitos para obtener la autorización de servicio.
- Hoja resumen de la Empresa.
  - Copia simple del estatuto social y de la partida registral de la empresa donde se establezca como principal actividad de la sociedad la de prestación del servicio de transporte.
  - Declaraciones Juradas suscritas por los representantes de la Empresa.
  - Declaración Jurada de contar con el patrimonio mínimo mayor o igual a 100 Unidades Impositivas Tributarias en rutas urbanas y 50 en rutas periféricas.
  - Declaración jurada de contar como mínimo con un área de administración y operaciones.
  - Relación de conductores y de cobradores (registrados en la GTU).
  - Relación de vehículos (deben de cumplir con los requerimientos técnicos establecidos en la Ordenanza N° 1599).
  - Copias simples de las Tarjetas de Identificación vehicular.

- Copias simples de los certificados SOAT o CAT, de las pólizas de seguro y de los certificados de inspección técnica complementaria.
  - Declaración Jurada de no haber recibido sanción firme de cancelación o inhabilitación respecto del servicio que se solicita.
  - Presentar estudio técnico para la asignación de la ruta (impreso y digital) sobre los planes funcionales y de operación.
  - Declaración jurada de contar con una caja centralizadora para la administración.
- La Subgerencia de Regulación del Transporte recibe la solicitud con los requerimientos, tiene 30 días hábiles para atenderla.
  - En caso el expediente presente deficiencias subsanables, la Subgerencia de Regulación del Transporte solicita a la Empresa de Transporte subsanarlas, se tiene de plazo 5 días calendarios. Si no tiene errores continua su flujo normal, si presenta deficiencias no subsanables, se expide la resolución y se declara improcedente.
  - La Subgerencia de Regulación del Transporte envía a la Subgerencia de Estudios de Tránsito y Transporte.
  - La Subgerencia de Estudios de Tránsito y Transporte realiza informe y lo remite a la Subgerencia de Regulación del Transporte.
  - La Subgerencia de Regulación del Transporte revisa informe.
  - En caso el informe presente deficiencias subsanables, la Subgerencia de Regulación del Transporte solicita a la Empresa de Transporte subsanar las deficiencias presentadas en el expediente, solo se tiene 5 días calendarios. Si no tiene errores continua su flujo normal, si presenta deficiencias no subsanables, se expide la resolución y se declara improcedente.
  - La Subgerencia de Regulación del Transporte comunica a la Empresa de Transporte, que su solicitud ha sido declarada factible.
  - La Empresa de Transporte publica la ficha técnica de la ruta solicitada en el diario Oficial "El Peruano". Esto se debe de hacer por 2 días consecutivos dentro del plazo de 15 días hábiles. En este mismo plazo se alcanza una copia a la Subgerencia de Regulación del Transporte. En caso se incumpla con el plazo, la Subgerencia de Regulación del Transporte emite una resolución que declara en abandono la solicitud presentada.
  - La Subgerencia de Regulación del Transporte recepciona las oposiciones presentadas hacia la Empresa de Transporte en un plazo de 5 días calendarios luego de la primera publicación. Si se presentan oposiciones, la Empresa de



- En caso todo los puntos se cumplieron satisfactoriamente, la Subgerencia de Regulación del Transporte emite la resolución de la autorización en un plazo no mayor a 15 días. La Autorización de Servicio es intransferible e indivisible, con excepción de los supuestos: procesos de transformación, de reorganización de sociedades (fusión, escisión y otras formas), y fideicomiso a entidad supervisada por la SBS.
- Por un periodo de 30 días será publicada la resolución por la GTU en el portal web, esto se debe de iniciar dentro de los 5 días contados a partir de la notificación de la resolución.
- La Empresa de Transporte inicia la prestación de servicio dentro de los siguientes 30 días luego de notificada la resolución.

El flujo descrito se muestra en la figura 1.3 y en la figura 1.4.



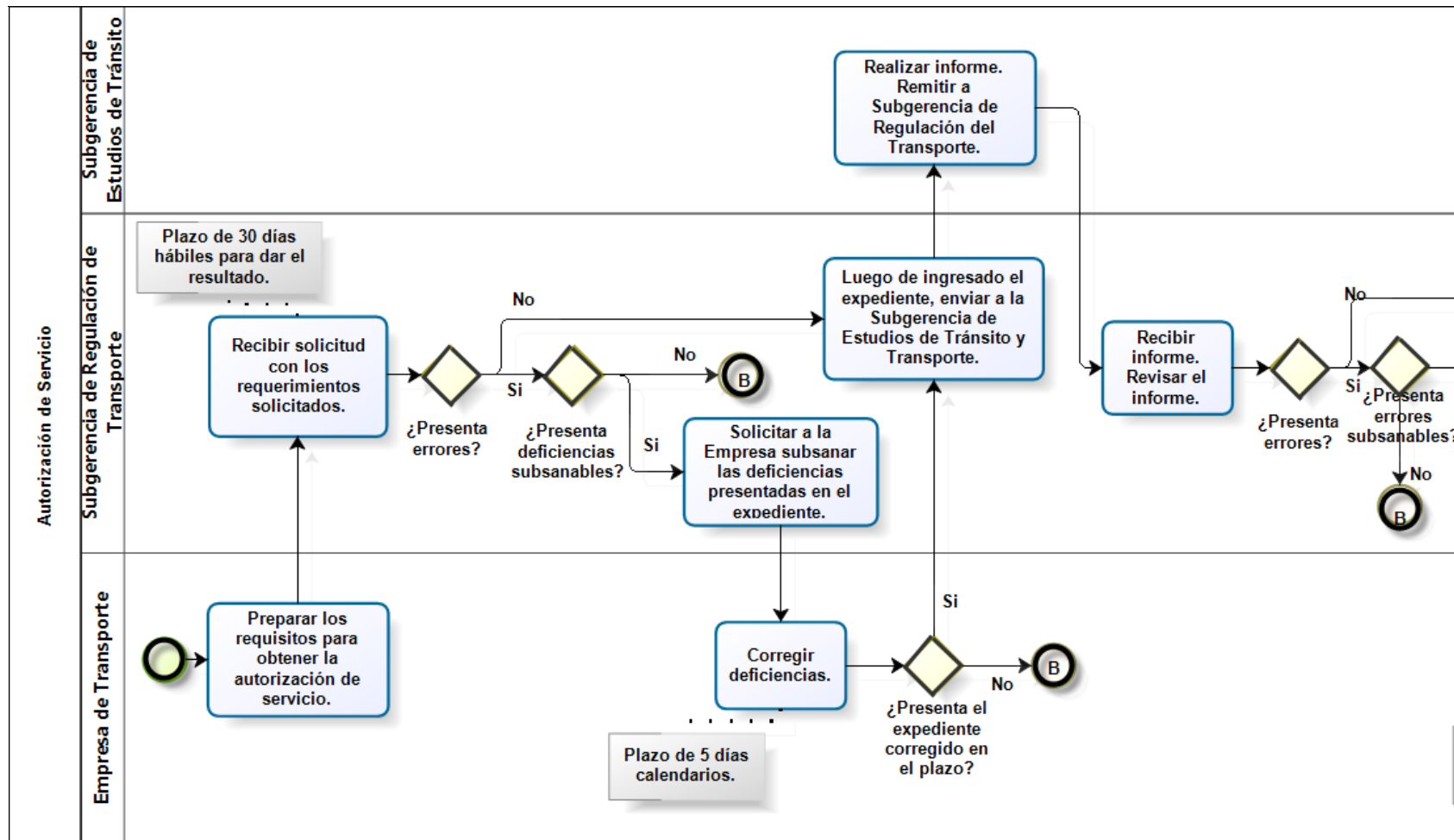


Figura 1.3: Proceso de Autorización de Servicio – Parte 1



### 1.5.35. Proceso de Renovación de Autorización de Servicio

Es el proceso por el cual una Empresa de Transporte autorizada desea continuar prestando el servicio de transporte en una ruta [9]. Los pasos del proceso son los siguientes:

- La Empresa de Transporte declara apta a la ruta en la que presta el servicio que solicita ser renovado, basado en estudios técnicos.
- La Empresa de Transporte presenta la solicitud con todos los mismos requisitos que para obtener una autorización de servicio, estos fueron indicados anteriormente en su respectivo proceso. Se debe iniciar el proceso dentro de los 60 días antes de la expiración de la autorización de servicio, caso contrario, no genera un derecho adquirido.
- Se evalúa el expediente como en el caso del proceso de obtención de la autorización de servicio por primera vez. La nueva autorización entra en vigencia desde el día siguiente a la fecha vencida de la autorización anterior.
- La renovación no procede si la autorización anterior fue cancelada o inhabilitada.

### 1.5.36. Proceso de Revocación, Cancelación y Suspensión de Autorización de Servicio

El proceso de revocación de la autorización de servicio quita los derechos ganados por la Empresa de Transporte, está avalado por la Ley N° 27444 llamados LEY DEL PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO GENERAL [9]. Las causales pueden ser las siguientes:

- Desaparición de las condiciones y circunstancias que ameritaron la obtención de la autorización de servicio.
- Implementación de racionalización de rutas dentro del área de afectación de los proyectos de transporte masivo.

El proceso de cancelación se da por las causales siguientes:

- Si no se inicia el servicio en el plazo.
- Cuando se formalice la renuncia de la Empresa de Transporte.
- Cuando se haga imposible la continuidad del servicio por motivos de modificación de la utilización de las vías.
- Como consecuencia de alguna sanción.
- Cuando exista abandono del servicio.
- Cuando se emplea menos del 65% de la flota requerida por un periodo mayor de 10 días calendario consecutivos sin solicitar esta modificación.



- Entre otras causas establecidas en la normativa vigente.

#### **1.5.37. Proceso de Renuncia a la Autorización de Servicio**

Este proceso tiene como objetivo la renuncia a los derechos obtenidos con la autorización de servicio. Este se puede realizar luego de transcurridos 3 años desde el otorgamiento de la autorización en caso de ser una zona con una sola ruta, o 1 año para zonas con dos o más rutas. Se deberá de dejar de prestar servicios luego de 60 días hábiles desde que se aprobó la renuncia. La Subgerencia de Regulación del Transporte debe de formalizar mediante una resolución la renuncia en un plazo máximo de 30 días. Este mismo ente puede ampliar a 30 días más la prestación de servicios en caso la ruta lo amerite [9].

Los requisitos para la renuncia son los siguientes:

- Solicitud con carácter de Declaración Jurada.
- Copia simple del documento de identidad del representante legal y de la partida de inscripción registral de la empresa.
- Copia simple del poder vigente inscrito en SUNARP al representante legal que le da las facultades para realizar el trámite de renuncia.

#### **1.5.38. Proceso de Suspensión de la Autorización de Servicio**

Este proceso suspende los derechos obtenidos con la autorización de la prestación de servicios de acuerdo con el Régimen de Fiscalización de la Ordenanza N° 1599. La suspensión se da con el fin del cumplimiento de una medida preventiva o correctiva por parte de la Empresa de Transporte [9].

#### **1.5.39. Proceso de Creación de Rutas**

Este proceso se aplica para la creación de rutas. Este se puede iniciar por solicitud de entidades en la Municipalidad Metropolitana de Lima o excepcionalmente por iniciativa de la GTU. Para la creación de una ruta, la GTU debe de evaluar la propuesta en el aspecto técnico y legal, tomando como base el Plan Regulador de Rutas, el sistema de Rutas, el itinerario de otras rutas y el número de vehículos que circulan en estas, entre otros criterios técnicos [9].

#### **1.5.40. Proceso de Modificación de la Ficha Técnica de la Ruta**

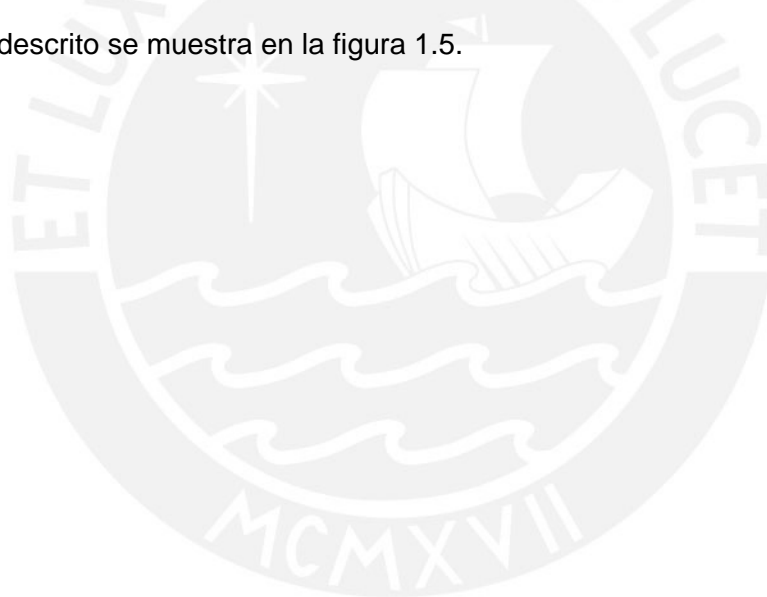
Este proceso permite a la Empresa de Transporte solicitar modificación de datos en la ficha técnica de la ruta autorizada en la que presta el servicio de transporte [9].

Las actividades a seguir para ello son los siguientes:

- La empresa de transporte solicita la modificación, registro o modificación de los datos técnicos contenidos en la Ficha Técnica de la ruta autorizada. Para ello presenta los siguientes documentos:
  - Formato de solicitud suscrito por el representante legal de la empresa autorizada.
  - Copia simple de la vigencia de poder y de su Documento Nacional de Identidad del representante legal.
  - Estudio técnico en formato impreso y en digital sustentando la modificación.
  - Pago del derecho de trámite.
- La Subgerencia de Regulación de Transporte recibe la solicitud impresa y en digital, crea el expediente “Estudio Técnico para la Modificación de Ficha Técnica”.
- La Subgerencia verifica que la ruta este activa y luego evalúa que se contemple los parámetros y criterios técnicos. Según el motivo de la modificación, el estudio técnico debe de contener ciertos requisitos:
  - Fusión de rutas: plano A0 de las rutas autorizadas y de la ruta resultante de la fusión, detallar la ubicación exacta de los paraderos, ficha técnica propuesta, demanda de viajes que sustente la fusión de rutas, listado de vehículos que se usara.
  - Reubicación de paradero: plano de ubicación del paradero actual y del propuesto, un plano A0 donde se muestre el recorrido completo de la ruta propuesta, estudio estructural que acredite que las vías tienen la capacidad de soportar la circulación de la flota, indicar porcentaje de ampliación y/o reducción del total del kilometraje autorizado, identificación de la oferta en el paradero propuesto.
  - Modificación del recorrido: un plano A0 donde se precise el recorrido autorizado completo y la modificación propuesta, precisar el kilometraje total propuesto, estudio estructural que acredite que las vías tienen la capacidad de soportar la circulación de la flota, indicar porcentaje de ampliación y/o reducción del total del kilometraje autorizado, precisar la capacidad y nivel de servicio de las vías propuestas a incluir y excluir, cuadro comparativo de los tiempos y velocidad comercial vehicular a incluir y excluir.
  - Registro de zona de estacionamiento: un plano de ubicación con coordenadas UTM del perímetro de la zona de estacionamiento propuesta, un plano de distribución o de arquitectura acotado del perímetro y de las

- Modificación de flota: precisar la capacidad y nivel de servicio de las vías autorizadas en el recorrido de la ruta, encuestas de ocupación y frecuencia de los tramos críticos por el cual recorre la ruta (deberán realizarse 2 días de la semana cualquiera, en la mañana y tarde), ficha técnica propuesta.
- Si cumple con todo lo requerido y se ve que es un cambio necesario, se acepta la solicitud, caso contrario se rechaza. Se tiene un plazo de 30 días para dar el resultado.

El flujo descrito se muestra en la figura 1.5.



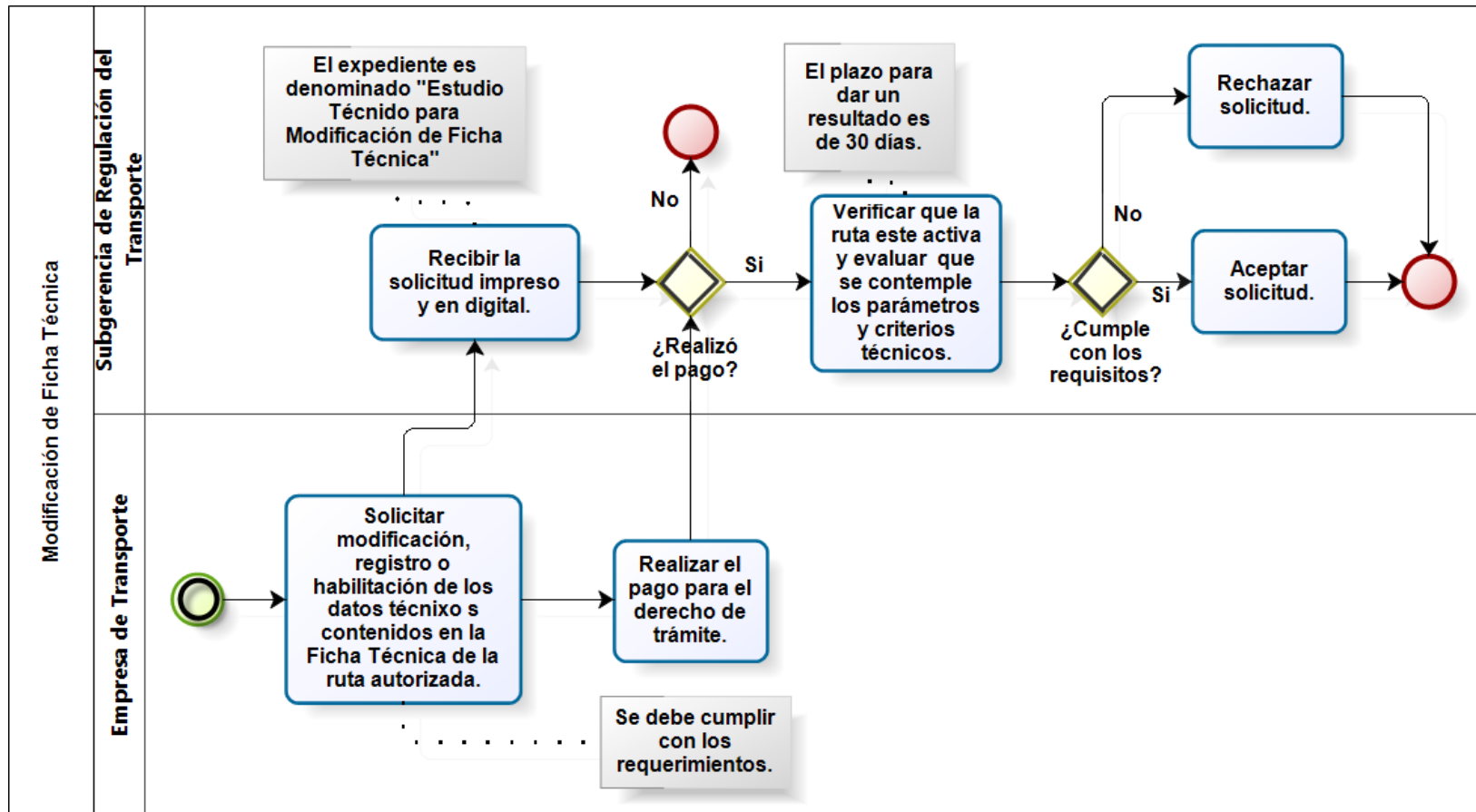


Figura 1.5: Proceso de Modificación de Ficha Técnica



## 1.6. Marco Legal

A continuación, en esta sección de documento se describe todo lo referente al marco legal que se tomó en cuenta para el desarrollo del sistema TransCiudad, con el fin de seguir con los lineamientos legales respectivos y este sea correctamente implementado.

### 1.6.1. Ordenanza N° 1338

Ordenanza que reglamenta la prestación del servicio público de transporte regular de pasajeros en Lima Metropolitana. Esta fue vista en Sesión Ordinaria del Concejo Metropolitano de Lima el 29 de diciembre del 2009.

En esta ordenanza se mencionan los temas referentes a la autorización para la prestación de servicios por medio de las empresas autorizadas [9]. Se menciona los siguientes puntos:

#### A. La autorización de servicio

El título habilitante es otorgado por la Subgerencia de Regulación de Transporte. Se detalla los requisitos, procedimiento para la obtención y/o renovación y características de la autorización. Como también los causales de la revocación, cancelación y renuncia de la misma.

#### B. El registro y autorización de la flota

Se especifica las condiciones para el registro, inclusión, sustitución y renovación de las flotas. También se hace hincapié en la Tarjeta Única de Circulación, la importancia de ella, y los diversos trámites relacionados a esta (obtención, duplicado, renovación, etc.).

#### C. Las rutas y la infraestructura complementaria

Se especifica la manera como se administran las rutas por parte de la autoridad administrativa y los diversos casos que se pueden dar referentes a ellas, como por ejemplo modificación de rutas, modificación de flotas, fusión de rutas, registro de zona de estacionamiento o terminales terrestres, reubicación de paradero inicial y final, entre otros.

#### D. Las condiciones para la prestación del servicio.

Se especifica las condiciones generales, legales, técnicas y operacionales. Como también las obligaciones a las que conlleva la prestación del servicio.

## **E. La Fiscalización**

Se especifica lo referente a las infracciones, sanciones y medidas accesorias. Y los procedimientos para su aplicación.

### **1.6.2. Ordenanza N° 104**

Ordenanza reglamentaria del servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros en Ómnibus y otras modalidades para la provincia de Lima. Esta fue vista en Sesión Ordinaria del Concejo Metropolitano de Lima el 28 de enero del 1997.

En esta ordenanza menciona reglamentaciones para todo el servicio público de transporte urbano e interurbano de pasajeros. De todos los temas tratados, de los cuales muchos ya fueron actualizados en posteriores ordenanzas, el tema referente a las concesiones y al servicio es lo que interesa para el problema planteado [9].

#### **A. Las concesiones**

Se especifica la forma como son otorgadas, los requisitos para poder obtener una concesión, la vigencia, entre otros detalles del proceso de la concesión especificados en el marco teórico.

#### **B. El servicio**

Se menciona las características del servicio de transporte público de la provincia de Lima y la forma como se identificarán. Entre las características están:

- El servicio será ininterrumpido durante el horario establecido en las condiciones de la concesión correspondiente (horario diurno es de 05:01 a 23:00 y nocturno de 23:01 a 05:00).
- Es responsabilidad de la concesionaria asignar diariamente el número suficiente de unidades encargadas del servicio, la frecuencia es establecida de acuerdo a los estudios técnicos que se realicen por ruta.
- Cada unidad de transporte tendrá una serie de identificadores para distinguir entre las diferentes líneas por rutas (colores de la unidad, el número y el mapa de la ruta colocados en los puntos establecidos, exhibir las normas de seguridad y educación vial, exhibir la Tarjeta de Circulación, entre otros detalles).

### **1.6.3. Ordenanza N° 1599**

Ordenanza que regula la prestación del servicio de transporte público regular de personas en Lima Metropolitana. Este fue visto en Sesión Ordinaria del Concejo Metropolitano de Lima el 16 de abril del 2012.

En esta ordenanza se complementa lo relacionado a la autorización de servicio y a las rutas de la Ordenanza N° 1338, entre otros temas relacionados a los órganos y sus competencias, del registro y habilitación de las flotas, de las condiciones y obligaciones de las Empresas de Transporte para brindar el servicio, etc. [9]

#### **1.6.4. Ordenanza N° 1613**

La presente ordenanza crea el sistema integrado de transporte público de Lima Metropolitana, aprueba el plan regulador de rutas y modifica el tupa de la Municipalidad Metropolitana de Lima en lo que corresponde a la Gerencia de Transporte Urbano. Esta fue vista en Sesión Ordinaria del Concejo Metropolitano de Lima el 26 de junio del 2012.

En esta ordenanza se complementa las ordenanzas referidas al sistema de transporte con el fin de establecer un Sistema Integrado de Transporte (SIT). Se describe los principios, componentes e infraestructura del SIT. Además se mencionan las características de las unidades permitidas para la prestación de servicio, la definición de las autoridades competentes, la aprobación de los componentes del SIT, la aprobación del Plan Regulador de Rutas, etc. [9]

#### **1.6.5. Plan Regulador de Rutas**

Fue aprobado en la ordenanza N° 1613, visto en Sesión Ordinaria del Concejo Metropolitano de Lima el 26 de junio del 2012.

El Plan Regulador de Rutas (PRR), busca establecer las pautas principales dentro del Sistema Integrado de Transporte Público (SIT), con el fin de lograr rapidez, seguridad, confiabilidad, confort, accesibilidad y regularidad del servicio de transporte público de personas [5]. En este documento empleado por la Municipalidad como una herramienta técnica para la gestión e implementación del SIT, se mencionan los siguientes temas:

- Sistema Integrado de Transporte Publico
  - Está conformado por los siguientes componentes:
    - Sistema de Corredores Segregados de Alta Capacidad (COSAC).
    - Los Sistemas Ferroviarios de Transporte de personas a cargo de la Municipalidad Metropolitana de Lima.
    - El Sistema de Corredores Complementarios.
    - Servicios en los Corredores de Integración.
    - Servicios en los Corredores de Interconexión.
    - Servicios en las rutas de aproximación.

- El Instituto Metropolitano Protransporte de Lima - PROTRANSPORTE tendrá a su cargo la implementación, administración y control del Sistema de Corredores Segregados de Alta Capacidad, Sistemas Ferroviarios de Transporte a cargo de la Municipalidad Metropolitana de Lima y del Sistema de Corredores Complementarios. La GTU, por su parte, está a cargo del Servicios en los Corredores de Integración, Servicios en los Corredores de Interconexión y Servicios en las rutas de aproximación.
- Corredores y Rutas del SIT
  - El corredor es el conjunto de vías con apreciable continuidad, capacidad vial y alta concentración de demanda. Con la estructura de rutas, servicios y formas de operación, formara parte de la red de mayor concentración de transporte y sobre la cual se desarrollara la principal movilidad de la ciudad.
  - La ruta es la relación de vías sucesivas o recorrido, en el que se brindara el servicio de transporte público de personas. Tendrá un origen y un destino, ubicación de paraderos y una flota vehicular. Las rutas serán diseñadas bajo el criterio de movilizar el máximo número de pasajeros, lograr máxima eficiencia operacional, desarrollar las mejores condiciones de servicio, minimizar el tiempo de viaje. Las rutas pueden ser del tipo diametral (unión de dos extremos), radial (uno de sus extremos en el centro de la ciudad y otra en sus partes externas), circular (zonas periféricas sin pasar por el centro de la ciudad), y alimentador (conectar zonas de la ciudad que se encuentran alejadas). La infraestructura complementaria está conformada por los paraderos urbanos, paraderos urbanos de transbordo y los paraderos inicial o final.
- Elementos distintivos del SIT y el bus Patrón
  - Las rutas deben de tener un código, además de colores para identificar los vehículos que brindan el servicio,
  - El bus Patrón es aquel modelo y tipo de vehículo que será empleado para la prestación de servicio de transporte público regular de personas, de acuerdo a la Ordenanza N° 1599.
- Integración
  - Se trata de buscar la integración operacional, física, de medios de pago y tarifaria.
- Sistema de Rutas

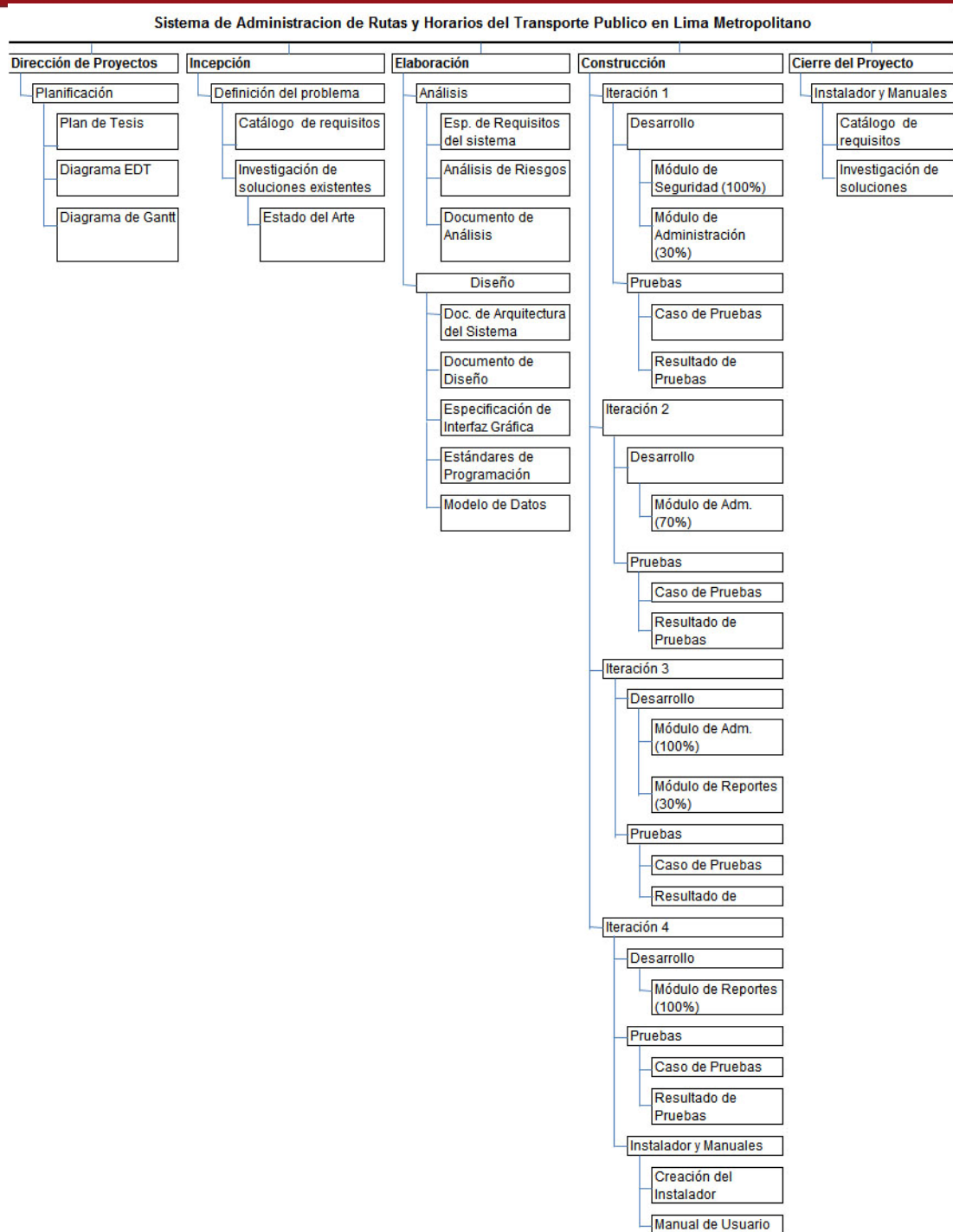


- Conjunto de rutas que resultan de la implementación de los componentes del SIT.
- Calendario del PRR
  - Se especifica el calendario de aplicación para el PRR. Para el segundo semestre del 2012, se planea terminar la primera fase. Estará totalmente implementado para el primer semestre del 2014.

### 1.7. Plan del Proyecto

En el desarrollo del plan del proyecto se encontró riesgos asociados que están descritos en el Anexo A. Basándose en la metodología a emplearse, la estructura de desglose del proyecto (EDT), se muestra en la figura 1.6.





**Figura 1.6: Fases del proyecto**

Para la descripción de cada tarea como la ampliación del plan del proyecto se puede ampliar la información por medio del anexo B.

**1.7.1. Diagrama de Gantt**

La lista de tareas a llevarse a cabo en el proyecto basándose en el EDT creado en la primera parte se muestra en la figura 1.7.

	Nombre de tarea	Indicador de estado	Duración	Comienzo	Fin
1	☐ <b>Dirección del Proyecto</b>	✓	50 días	mar 06/04/10	lun 14/06/10
2	☐ <b>Planificación</b>	✓	50 días	mar 06/04/10	lun 14/06/10
3	Plan de Tesis	✓	40 días	mar 06/04/10	lun 31/05/10
4	Diagrama EDT	✓	5 días	mar 01/06/10	lun 07/06/10
5	Diagrama de Gantt	✓	5 días	mar 08/06/10	lun 14/06/10
6	☐ <b>Incepción</b>	✓	40 días	mar 15/06/10	lun 09/08/10
7	☐ <b>Definición del Problema</b>	✓	40 días	mar 15/06/10	lun 09/08/10
8	Investigación de Soluciones Existentes	✓	20 días	mar 15/06/10	lun 12/07/10
9	Catálogo de Requisitos	✓	20 días	mar 13/07/10	lun 09/08/10
10	☐ <b>Elaboración</b>	✓	150 días	mar 10/08/10	lun 07/03/11
11	☐ <b>Análisis</b>	✓	75 días	mar 10/08/10	lun 22/11/10
12	Especificación de Requisitos del Sistema	✓	45 días	mar 10/08/10	lun 11/10/10
13	Análisis de Riesgos	✓	5 días	mar 12/10/10	lun 18/10/10
14	Documento de Análisis	✓	25 días	mar 19/10/10	lun 22/11/10
15	☐ <b>Diseño</b>	✓	75 días	mar 23/11/10	lun 07/03/11
16	Modelo de Datos	✓	20 días	mar 23/11/10	lun 20/12/10
17	Documento de Diseño	✓	15 días	mar 21/12/10	lun 10/01/11
18	Documento de Arquitectura	✓	15 días	mar 11/01/11	lun 31/01/11
19	Estándares de Programación	✓	5 días	mar 01/02/11	lun 07/02/11
20	Estándares de la Interfaz Gráfica	✓	20 días	mar 08/02/11	lun 07/03/11
21	☐ <b>Construcción</b>	✓	230 días	mar 08/03/11	lun 23/01/12
22	☐ <b>Iteración 1</b>	✓	60 días	mar 08/03/11	lun 30/05/11
23	☐ <b>Análisis y Diseño</b>	✓	10 días	mar 08/03/11	lun 21/03/11
24	Correcciones	✓	10 días	mar 08/03/11	lun 21/03/11
25	☐ <b>Desarrollo</b>	✓	35 días	mar 22/03/11	lun 09/05/11
26	Modulo de Seguridad (100%)	✓	25 días	mar 22/03/11	lun 25/04/11
27	Modulo de Administración (30%)	✓	10 días	mar 26/04/11	lun 09/05/11
28	☐ <b>Pruebas</b>	✓	15 días	mar 10/05/11	lun 30/05/11
29	Casos de Prueba	✓	14 días	mar 10/05/11	vie 27/05/11
30	Resultados de Pruebas	✓	1 día	lun 30/05/11	lun 30/05/11
31	☐ <b>Iteración 2</b>	✓	60 días	mar 31/05/11	lun 22/08/11
32	☐ <b>Análisis y Diseño</b>	✓	10 días	mar 31/05/11	lun 13/06/11
33	Correcciones	✓	10 días	mar 31/05/11	lun 13/06/11
34	☐ <b>Desarrollo</b>	✓	25 días	mar 14/06/11	lun 18/07/11
35	Modulo de Administración (70%)	✓	25 días	mar 14/06/11	lun 18/07/11
36	☐ <b>Pruebas</b>	✓	15 días	mar 02/08/11	lun 22/08/11
37	Casos de Prueba	✓	14 días	mar 02/08/11	vie 19/08/11
38	Resultados de Pruebas	✓	1 día	lun 22/08/11	lun 22/08/11
39	☐ <b>Iteración 3</b>	✓	60 días	mar 23/08/11	lun 14/11/11
40	☐ <b>Análisis y Diseño</b>	✓	10 días	mar 23/08/11	lun 05/09/11
41	Correcciones	✓	10 días	mar 23/08/11	lun 05/09/11
42	☐ <b>Desarrollo</b>	✓	35 días	mar 06/09/11	lun 24/10/11
43	Modulo de Administración (100%)	✓	20 días	mar 06/09/11	lun 03/10/11
44	Modulo de Reportes (30%)	✓	5 días	mar 18/10/11	lun 24/10/11
45	☐ <b>Pruebas</b>	✓	15 días	mar 25/10/11	lun 14/11/11
46	Casos de Prueba	✓	14 días	mar 25/10/11	vie 11/11/11
47	Resultados de Pruebas	✓	1 día	lun 14/11/11	lun 14/11/11
48	☐ <b>Iteración 4</b>	✓	50 días	mar 15/11/11	lun 23/01/12
49	☐ <b>Desarrollo</b>	✓	30 días	mar 15/11/11	lun 26/12/11
50	Modulo de Reportes (100%)	✓	30 días	mar 15/11/11	lun 26/12/11
51	☐ <b>Pruebas</b>	✓	20 días	mar 27/12/11	lun 23/01/12
52	Casos de Prueba	✓	15 días	mar 27/12/11	lun 16/01/12
53	Resultados de Pruebas	✓	5 días	mar 17/01/12	lun 23/01/12
54	☐ <b>Cierre del Proyecto</b>	✓	40 días	mar 24/01/12	lun 19/03/12
55	☐ <b>Instalador y manual</b>	✓	40 días	mar 24/01/12	lun 19/03/12
56	Construcción del instalador	✓	20 días	mar 24/01/12	lun 20/02/12
57	Creación de manual de usuario	✓	20 días	mar 21/02/12	lun 19/03/12

Figura 1.7: Diagrama de Gantt - Lista de Tareas

### 1.8. Estado del Arte

La propuesta es crear un nuevo sistema web que contemple la infraestructura, los

medios de transporte disponibles, las normas y las leyes, la organización, las rutas actuales, entre otra información referente a Lima Metropolitana.

En la actualidad, muchos países tienen sistemas de transporte público. Por el contexto socioeconómico, los sistemas que se tomara como referencia son: Transantiago de Santiago de Chile y Transmilenio de Bogotá. De ellos se tomó las buenas propuestas e implementaciones, colocándolos como modelos a seguir, y de las cuales se determinó los requerimientos indispensables para el nuevo sistema web de Lima.

### **1.8.1. Transantiago [4]**

A continuación se describirá el proyecto Transantiago para tomarlo como referencia para la creación del nuevo sistema.

#### **1.8.1.1. Descripción**

Este es un proyecto implantado en Santiago de Chile, capital de Chile, en la zona metropolitana, con el fin de mejorar el transporte público. Este es un proyecto integral en que se modificó equipos tecnológicos, rutas, modos de pago, terminales, medios de transporte y los horarios. Cuenta con una aplicación web para el acceso del público que busca información acerca del sistema de transporte.

#### **1.8.1.2. Características**

##### ➤ Infraestructura

Existen varios tipos de paraderos, estos paraderos pueden ser:

- Paradas Locales o Troncales: Cuentan con una señal de información que indica que es paradero y con paneles de información acerca de los mapas y recorridos del Transantiago en la zona. En dichos paraderos los usuarios pueden subir como descender de los buses.
  - Estaciones de Transborde: Facilita y hace más expedita la transferencia de pasajeros entre los distintos servicios, buses y/o metro. Existen más de 36 de estas estaciones. En cada una de ellas existen paneles de información donde se indican los servicios disponibles en dicha parada, ayuda en la planificación del viaje. Ellas están compuestas de una o más paradas.
  - Estación de Intercambio Vial: Se permite hacer el transbordo entre diversos servicios, buses, metro, taxis, colectivos entre otros.
- El Transantiago está proveído de buses administrados por diversas empresas, distribuidas en todas las zonas. Manejan diversas rutas.



➤ Tecnológicas:

- Tarjetas VIP, es una tarjeta magnética prepago, las cuales se acercan a dispositivos lectores y con ello se descuenta el costo de viaje, también cuentan con tarifas planas. Por medio de esta tarjeta se puede acceder a la información de los viajes realizados, además brinda mayor seguridad, ya que no es necesario llevar monedas. En caso de pérdida, la tarjeta se bloquea. Existen distintos costos para estudiantes y pasajeros normales. Estas tarjetas pueden ser adquiridas o recargadas en algunos de los paraderos existentes en las rutas.
- Dispositivos contadores de pasajeros, mediante el cual se puede contar a todos los que suben y los que bajan, para el manejo de estadísticas y de historiales.
- Equipos con GPS integrado, con el cual se conoce la posición exacta del medio de transporte en la ruta.

➤ Servicios:

Las rutas fueron establecidas en un trabajo conjunto del estado, en los que intervinieron organizaciones como el ministerio de transportes y telecomunicaciones de Chile. Las rutas están identificadas por puntos principales, estos vienen siendo paraderos o terminales. En estas modificaciones en las rutas hicieron posible que recorran la mayor cantidad de puntos en cada viaje. Dividieron la capital en zonas, por tal motivo existen rutas zonales y rutas interzonales.

➤ Horarios:

Los horarios y su frecuencia de salida están establecidos, y se dan a conocer a los clientes. Realizan actualizaciones constantes con el fin de mejorar el servicio, y están son dadas a conocer previamente por medio de publicidad o de la misma página web.

### 1.8.1.3. Ventajas de la aplicación

- En cada ruta de las líneas de transporte de los buses se diferencian los puntos o paraderos principales, como información adicional se puede consultar a todas las líneas de buses que pasan en cada tramo.
- Cuentan con la información de los horarios y la frecuencia con las que pasan, diferencias básicamente tres periodos de tiempo, en la mañana, en la tarde y en la noche, diferenciándose por las frecuencias de paso, en la mañana y en la

noche pasan con mayor frecuencia que en la tarde. Esto lo hacen porque en los periodos de mayor frecuencia hay mayor demanda.

- Se puede consultar las distintas opciones de líneas de transporte que se puede tomar en caso quiera dirigirse entre un punto cualquiera a otro punto a la hora que se quiera.
- Mantiene información de las empresas de transporte, tanto los datos principales, como las rutas por las que brinda servicio.
- En la aplicación se puede consultar las líneas que se puede emplear para llegar desde un punto a otro.

#### **1.8.1.4. Desventajas de la aplicación**

- Depende de un sistema de transporte maduro, organizado, articulado e infraestructura distinta a la que se cuenta ahora en el Lima, por ello no es aplicable en nuestra ciudad.
- Está regida por leyes municipales de Santiago de Chile, distintas a las aplicadas en Lima.

#### **1.8.2. TransMilenio [3]**

A continuación se describirá el proyecto TransMilenio para tomarlo como referencia para la creación del nuevo sistema.

##### **1.8.2.1. Descripción**

Es un sistema integral implantado en Bogotá, capital de Colombia, en la zona metropolitana. Es un ente encargado en la gestión del sistema de transporte público, administra la infraestructura y controla el cumplimiento de los contratos de concesión de las empresas de transporte. Cuenta con cinco áreas básicas, Administrativa, Operaciones, Planeación del transporte, Comercial y Financiera. El proyecto cuenta con una aplicación web en la cual se administra información útil para los clientes, por ejemplo información de las rutas y horarios de salida.

##### **1.8.2.2. Características**

- Infraestructura:

Para una mejor distribución del transporte con el fin de ordenar y brindar mayor velocidad, se construyeron estaciones. Estos son los únicos puntos en los cuales se puede subir o bajar de los buses. Cada estación cuenta con señalización, luz, puentes peatonales, entre otras comodidades. Existen distintos tipos de estaciones:

- Estaciones sencillas, cada 500 metros, en los cuales se pueden comprar los boletos.
- Estaciones de cabecera o portales, que se encuentran al inicio y al final de las rutas troncales.
- Estaciones intermedias, son puntos de intersección en los corredores exclusivos del sistema, se puede cambiar de bus sin necesidad de realizar doble pago.

Entre otras estructuras del sistema del transporte se encuentran los siguientes:

- Cruces peatonales y cruces semaforizados.
- Patios de operación, mantenimiento y estacionamiento.

➤ Servicios:

Las empresas de transporte tienen la responsabilidad de brindar un buen servicio a la población. Entre los servicios que se brindan están los siguientes:

- Servicios corrientes, están diseñados para los viajes cortos, ya que se detienen en todas las estaciones, y se permiten efectuar trasbordos deseados sin la necesidad de salir del sistema.
- Servicios expresos, cuentan con una cantidad de paraderos definidos en la matriz, de ese modo se busca disminuir el tiempo de viaje.
- Servicios súper-expresos, están diseñados para viajes largos, cuenta con pocos paraderos, menos que los expresos.
- Servicios Ruta fácil, se detienen en todas las estaciones, es el modo de desplazamiento más rápido y con salidas de mayor frecuencia por la alta demanda.
- Servicio de Rutas alimentadoras, con la cual se puede desplazar los pasajeros dentro de las zonas luego de bajar en alguna estación que cuenta con este servicio.

➤ Sistema de Recaudo:

El sistema de recaudo, el cual está administrado por empresas privadas luego de los respectivos procesos licitatorios, es realizado por medio de tarjetas inteligentes, con el cual se realizan las compras de boletos a través de cualquier máquina de venta, las cuales se encuentran en las estaciones al igual que a los alrededores, de ese modo se evita el congestionamiento por la alta demanda de los pasajeros que requieren del servicio. La información obtenida por los sistemas y equipos es enviada al centro de control, información sobre las recaudaciones y la entrada y salida de pasajeros.

➤ Sistema de Control:

Es el sistema por el cual se supervisan todos los buses. A través de este control se pueden obtener datos como la velocidad, la frecuencia, los horarios y las rutas. Esto es posible por medio de los siguientes equipos:

- Equipo GPS, el cual indica la localización del bus.
- Un computador en el bus, el cual permite la comunicación con la central para que se puedan comunicar, de este modo se puede informar sobre las operaciones y el cumplimiento de lo establecido.
- Un sistema de comunicación por el cual se envía y recibe información entre el centro de control y el personal operativo.
- Cuenta con cámaras colocadas en puntos estratégicos.

### 1.8.2.3. Ventajas de la aplicación

- A partir los servicios prestados, cada uno de estos arman rutas tomando en cuenta los puntos principales de la ciudad, en los cuales se ubican las estaciones, con las que se armaron rutas, y estas pueden ser consultadas.
- Cuentan con un horario establecido para cada tipo de servicio y para todos los días, distintos horarios para domingos y feriados. Estos horarios son controlados desde el Centro de control, los cuales verifican el cumplimiento de cada uno de los buses. A través de estos datos obtenidos pueden realizar estadísticas con los que pueden tomar decisiones convenientes respecto a los horarios, esto a nivel de la administración. Para los clientes, cuentan con la posibilidad de acceso a la información de los horarios.
- Manejan un horario independiente para el sistema de las rutas alimentadoras.
- Manejan cuadros estadísticos de la demanda por estación, tipo de estación, líneas de buses en rangos de tiempo de días, semanas y meses, con el fin de un mejor estudio y una mejor toma de decisiones.
- Se puede consultar las líneas que pueden transportar de un punto a otro que se le indique, incluso la hora a la que se desea el servicio, y arroja como resultado las líneas que debe de tomar para llegar al destino, que pueden ser más de dos.

### 1.8.2.4. Desventajas de la aplicación

- Depende de un sistema de transporte maduro, organizado, articulado e infraestructura distinta a la que se cuenta ahora en el Lima, por ello no es aplicable en nuestra ciudad.
- Está regida por leyes municipales de Bogotá, distintas a las aplicadas en Lima.



### 1.9. Descripción y Sustentación de la Solución

El problema basado en la falta de control de tiempos en el transporte público, se puede afrontar con una implantación de horarios fijados tomando en cuenta parámetros del entorno influyentes. Estos horarios establecidos administrados de la manera correcta traerán consigo una mejor organización, lo cual beneficiará a las empresas de transporte y a la población. Estos horarios definirán la frecuencia con la que pasaran las flotas de las empresas de transporte.

Para evitar el alto tráfico de medios de rutas muy parecidas en la misma zona, se plantea un horario de partida periódica, en el que dependerá las horas de alta demanda, en esos casos la frecuencia de salida será mayor, y otro horario por medio, los cuales tendrán que cumplir un horario de llegada en cada paradero, cuyas horas serán un aproximado a partir de horarios cumplidos registrados en el histórico, pero su variación no debe ser demasiado. En métodos cuantitativos se empleará la prueba estadística de hipótesis.

La idea del empleo constante de esta prueba es que la estimación de tiempos de demora este mejorando continuamente y vaya en aumento según las necesidades del entorno. Pero también se dará la facilidad de que el personal con la jerarquía suficiente haga la modificación manual para el caso que lo amerite.

Con la administración de estos horarios la población podrá calcular la hora en la que debe llegar a su paradero para poder subir al bus, en el caso de las empresas de transporte podrán calcular sus horarios de salida de llegada y de ese modo administrar mejor sus costos.

El sistema al igual que administrar y controlar el flujo del tráfico, lo que buscara es proponer horarios con el fin de optimizar los recursos. Estas optimizaciones se plantearan a partir de factores directamente influyentes como:

- Tráfico en cada tramo de las rutas.
- Flotas de las empresas de transporte.
- Demanda de la población.
- Capacidad de cada uno de los tramos en las rutas.
- Tiempos de demora en los tramos de las rutas.

El sistema sugerirá horarios de partida y tiempos de demora entre cada paradero dependiendo de la hora y el día. Estas propuestas son dinámicas, van variando dependiendo de los cambios que van ocurriendo. Para ello se implementó un algoritmo para determinarlas.

A través de estos datos sugeridos, el administrador podrá tomar mejor las decisiones sobre los horarios a implantarse en el sistema de transporte. Por medio de esto, desde el punto de vista de la empresa de transporte se logra controlar eficientemente el tráfico en los tramos de las rutas, por lo que se podrá distribuir mejor los recursos para evitar pérdidas y optimizar las ganancias. Desde el punto de vista de los proveedores de servicios de transporte, se logra conocer sobre:

- El tráfico y el uso efectivo de las flotas a partir de tal para cada línea.
- Conocer los rangos de horas en los que el tráfico varía y a partir de tal organizar horario de partidas.
- Conocer la demanda de la población.
- Conocer sobre los estados de las rutas y los tramos.

Desde el punto de vista de los clientes, se logra conocer el detalle de:

- Las rutas.
- Las líneas de buses que pueden llevar a los destinos que se requieran.
- Los horarios de paso.
- Los tiempos de demora.

El sistema web propuesto brindará mejor organización ya que mediante esta información almacenada, tanto el proveedor y el pasajero podrán beneficiarse, ya que conocerán los datos que requieren para mejorar su productividad. Podrán distribuirse las flotas óptimamente y los clientes podrán estimar con exactitud sus tiempos de demora, ya que las horas de paso de los medios por los paraderos serán aproximados a los previstos, con lo que se podrán planificar mejor los viajes que realizarán con mayor grado de confiabilidad.

En resumen, por medio de los registros diarios o casi diarios de los horarios cumplidos por cada medio de cada línea de transporte, se puede establecer horarios probables de demora entre paraderos y según la demanda se establece la frecuencia de salida, es decir se puede planificar los horarios teóricos a cumplirse. Los tiempos de demora teóricos definidos pueden variar por medio de los horarios cumplidos, estos se regularán. De esta manera se gestionará los horarios para los medios de transporte con el fin de mantener al usuario informado sobre las horas de paso en cada paradero con mayor exactitud, para minimizar las pérdidas de tiempo por su lado.

## CAPÍTULO 2. ANÁLISIS

### 2.1. Metodología Aplicada en el Desarrollo

El estándar que se usará para la gestión del proyecto son las buenas prácticas establecidas por el Project Management Institute (PMI). Este estándar es adecuado ya que los procesos que se establecen garantizan una buena gestión, con lo cual se tiene alta confiabilidad en el éxito del proyecto. Todos los procesos no serán necesariamente empleados. Los procesos a seguir para este caso específicamente son los siguientes:

- Grupo de procesos de iniciación
  - Desarrollar el Enunciado del Alcance del Proyecto Preliminar.
- Grupo de procesos de planificación
  - Desarrollar el Plan de Gestión del Proyecto.
  - Definición del Alcance.
  - Crear EDT.
  - Definición de las Actividades.
  - Establecimiento de la Secuencia de las Actividades.
  - Estimación de la Duración de las Actividades.
  - Desarrollo del Cronograma.

- Planificación de Calidad.
  - Planificación de las Comunicaciones.
  - Planificación de la Gestión de Riesgos.
  - Identificación de Riesgos.
  - Análisis cualitativo de Riesgos.
  - Análisis cualitativo de Riesgos.
  - Planificación de la Respuesta a los Riesgos.
- Grupo de procesos de ejecución
- Dirigir y Gestionar la Ejecución del Proyecto.
  - Realizar Aseguramiento de Calidad.
  - Distribución de la Información.
- Grupo de procesos de seguimiento y control
- Control Integrado de Cambios.
  - Verificación del Alcance.
  - Control del Alcance.
  - Control del Cronograma.
  - Realizar Control de Calidad.
  - Gestionar a los interesados.
  - Seguimiento y Control de Riesgos.
- Grupo de Procesos de cierre
- Cerrar Proyecto.

La metodología a seguir en la elaboración de la aplicación será el Rational Unified Process (RUP). Esta metodología es adecuada para este caso ya que los requerimientos varían poco o nada durante el desarrollo del proyecto, por tal motivo se elige una metodología pesada. Las características del RUP que lo hacen adaptable a la gestión de la aplicación de administración de rutas y horarios del sistema de transporte en la zona de Lima metropolitana son las siguientes:

- Iterativo e incremental, con lo que se puede modularizar el proyecto en pequeñas partes en cada uno de los procesos principales.
- Requerimientos iniciales poco variables durante el desarrollo del proyecto.
- Metodología orientada a la programación orientada a objetos.

Los procesos a llevar a cabo son los indicados en la propia metodología, los cuales son:



- Incepción.  
En esta fase se lleva a cabo el modelado del negocio en base a soluciones existentes, para construir una solución completa y adecuada para el sistema de transporte público de Lima metropolitana. A partir de esto se determinan los requisitos del proyecto de software.
- Elaboración.  
En esta fase se realiza principalmente el análisis y diseño a partir de los requisitos obtenidos en la fase anterior, los cuales sufrirán modificaciones dependiendo de los cambios que se puede sufrir en el sistema de transporte público de la ciudad.
- Construcción.  
Se lleva a cabo la implementación del software a partir de las fases anteriores, se realizan pruebas unitarias, de funcionalidad e integrales, para poder saber si se está construyendo lo que se requiere. Los módulos esenciales son los administradores de rutas, de horarios y de información basada en estadísticas del transporte público, de las cuales se basaran los demás módulos ya que en base a la información de estos, los demás se basan.

Para el caso de este proyecto no será necesario el proceso de transición ya que el alcance no involucra la implantación de la aplicación en el negocio.

La metodología a emplearse para la evaluación de los tiempos de demora, se empleara pruebas de hipótesis, para validar si la media de los tiempos de demora sigue siendo el valor asignado, o para saber cuánta es la diferencia.

La metodología para la proposición de horarios se empleara un algoritmo meta heurístico llamado GRASP. Por medio de él se podrán proponer horarios de salida para los medios, tratando de brindar siempre las mejores propuestas en base de los factores a considerar.

A continuación se especifica cada una de las metodologías a emplearse, aplicadas al funcionamiento dentro del sistema, para mayor claridad de lo expuesto.

### **2.1.1. Prueba de Hipótesis para el tiempo de viaje en un tramo**

La prueba de hipótesis maneja dos hipótesis:

$H_0$ : El promedio de tiempo de viaje o demora en el tramo es igual a  $N$ .

$H_1$ : La hipótesis nula es falsa, la demora es distinta a  $N$ .

Luego se obtienen la media y la varianza de la muestra que para este caso en particular son los últimos datos históricos, los del último año o los que se tengan

disponible. Por medio de la t-student se determinara si se rechaza la hipótesis nula.

El nivel de significancia con el que se trabajara será 0.05 a dos colas. Si se acepta la hipótesis, el valor del tiempo de demora se conserva, en caso contrario se cambiara a la media de la muestra o se cambiará a uno que decida el personal pertinente.

Para calcular el valor que nos devuelve la distribución t-student es necesario indicar el nivel de significancia, que es 0.025, y los grados de libertad que será el numero de la población menos 1, lo que da para este caso el numero 8, ya que como considerará para la determinación de la media los últimos 2 meses, en promedio se tendrá 9 valores en la población para la prueba para cada combinación de rango de hora y día.

Con ello se tendrá el siguiente valor según la distribución t-student:

$$t_{(8,0.025)} = 2.306$$

La fórmula para la determinación de esta prueba es:

$$T = \frac{x - u}{o / \sqrt{n}}$$

Donde: T es el valor con el que se determinara el nivel de significancia de la prueba.

x es la media de la población

u es la media que se evaluara

o es la desviación estándar

n es el total de la población

Si la media está dentro de los parámetros de aceptación deberá cumplir la siguiente condición:

$$t_{(8,-0.025)} < T < t_{(8,0.025)} \Rightarrow -2.306 < T < 2.306$$

### 2.1.2. Algoritmo GRASP para la Generación de Horarios

Para la generación de propuestas de horarios para las líneas de transporte con respecto a una ruta, estarán basadas en la información suministrada. Por esta razón esta opción busca optimizar el tiempo de creación de los horarios, ya que lo hacen basados en datos reales, evaluando las posibilidades y teniendo en cuenta las limitaciones, lo cual con un proceso manual puede tomar más tiempo.

Los parámetros necesarios para la generación de los horarios es la línea de

transporte, la flota de la misma que se encargara de realizar las carreras y el límite de tráfico dispuesto como limitante adicional. Internamente se maneja otros factores importantes a considerar, como el tráfico y la capacidad de los tramos, la demanda en los paraderos, los costos por realizar las carreras, el uso repartido de todos los medios de transporte, entre otras consideraciones que serán detalladas en el diseño del algoritmo en el capítulo 3.

Por medio de la generación se tiene una propuesta, la cual puede ser modificada mientras aun no esté en estado vigente. Esa es la flexibilidad adicional de esta opción, que permite generar el horario y en base a tal, realizar ajustes. Esta para poder pasar a activa, debe ser aceptada por el administrador. Pasaran a estar vigentes según la fecha de vigencia, y caducaran cuando un nuevo horario esté disponible y su fecha de vigencia llegue.

Este horario será el que podrán consultar los clientes con el fin de conocer la hora de paso de los medios en los paraderos durante los días de la semana. Estos tendrán que ser cumplidos en la medida de lo posible, en caso se aprecie que la tendencia cambia, se recomienda generar un nuevo horario tomando en cuenta los cambios surgidos.

## **2.2. Identificación de Requerimientos**

Mediante un análisis del negocio y el estudio de distintos sistemas que tratan de lograr objetivos parecidos al que se plantea, se han identificado una serie de requerimientos funcionales, los cuales ha sido evaluados y elegidos como tales ya que con ellos se puede alcanzar los objetivos que tiene como fin la presente aplicación Web.

Mediante los presentes requerimientos se busca brindar flexibilidad al sistema en el aspecto de seguridad, para que el administrador pueda manipular perfiles en base a las funcionalidades que se pueden realizar. Se autenticara a los usuarios por medio del nombre del usuario y la clave, la cual estará encriptado y además tendrán parámetros de seguridad entorno a ella para determinar los cambios periódicos bajo ciertas características que serán actualizables por el administrador.

Se administraran a las entidades que intervienen en el negocio, con el fin de mantener organizado este mismo para un mayor control. En el aspecto de control se podrá configurar una serie de parámetros para alertar sobre las cargas de tráfico según las flotas que requieran desplazarse sobre ella, con lo cual el administrador podrá percatarse de los posibles colapsos o cuellos de botella en los distintos tramos existentes.

El sistema genera reportes en los que se verá reflejada la información que se maneja en el negocio, de una manera ordenada y clara, con lo que podrá entender el acontecer histórico y actual de las líneas de transporte, rutas, tráfico, paraderos, tramos, tiempos de demora entre otras cosas. Lo cual permitirá informar tanto al administrador y operadores como a los clientes.

### 2.2.1. Requerimientos del sistema

A continuación se detalla los requerimientos que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del sistema de información a partir de las necesidades del negocio.

#### 2.2.1.1. Tabla de prioridades

Indica el grado de prioridad de manera cuantitativa. Los posibles valores de las prioridades para los requerimientos se muestran a continuación en la tabla 2.1.

Valores	Descripción
1	Alta
2	Media
3	Baja

**Tabla 2.1: Prioridades de los requerimientos**

#### 2.2.1.2. Tabla de exigibilidad

Indica la exigibilidad de los requerimientos. Los posibles valores que indican la exigibilidad se muestran en la tabla 2.2.

Valores	Descripción
E	Exigible
D	Deseable

**Tabla 2.2: Exigibilidad de los requerimientos**

#### 2.2.1.3. Requerimientos funcionales

La presentación de estos requerimientos funcionales están agrupadas por modulo en la tabla 2.3.

No	Descripción	Prioridad	Exigible
Respecto a la seguridad:			
1	El sistema permitirá registrar perfiles al sistema.	1	E



2	El sistema permitirá actualizar perfiles del sistema.	2	E
3	El sistema permitirá registrar y actualizar usuarios al sistema.	1	E
4	El sistema permitirá usuarios del sistema.	2	E
5	El sistema permitirá asignar funcionalidades por perfil.	1	E
6	El sistema permitirá registrar grupos de usuarios.	2	E
7	El sistema permitirá actualizar grupos de usuarios.	2	E
8	El sistema permitirá encriptar la contraseña de los usuarios.	3	E
9	El sistema permitirá al usuario crear y cerrar sesión.	1	E
10	El sistema permitirá configurar parámetros para las contraseñas.	2	E
11	El sistema permitirá configurar parámetros para la sesión.	2	E
12	El sistema permitirá registrar las transacciones realizadas.	3	E
13	El sistema permitirá generar un reporte de auditoría para todas las transacciones realizadas.	3	E
Respecto a la línea del negocio:			
<i>Administración</i>			
14	El sistema permitirá registrar empresas de transporte.	1	E
15	El sistema permitirá actualizar empresas de transporte.	1	E
16	El sistema permitirá registrar paraderos de la ciudad.	1	E
17	El sistema permitirá actualizar paraderos.	1	E
18	El sistema permitirá actualizar paraderos y la interconexión de estos con los paraderos aledaños, con lo cual conformarían tramos.	1	E
19	El sistema permitirá registrar rutas a emplearse en el sistema de transporte.	1	E
20	El sistema permitirá actualizar rutas conforme se modifiquen en el sistema de transporte.	1	E
21	El sistema permitirá realizar licitaciones para el control de las rutas por un periodo de tiempo.	1	E
22	El sistema permitirá a las empresas participar en las licitaciones.	1	E
23	El sistema permitirá hacer seguimiento a las participaciones de las empresas en las licitaciones y seleccionar una ganadora.	1	E
24	El sistema permitirá sancionar temporalmente a empresas que no cumplen correctamente con el uso de la ruta asignada deshabilitando el servicio.	1	E
25	El sistema permitirá cancelar la licencia de manera definitiva de	1	E

	las rutas a las empresas.		
26	El sistema permitirá renovar la licencia de las rutas a las empresas.	2	E
27	El sistema permitirá registrar líneas de transporte administradas por las empresas de transporte.	1	E
28	El sistema permitirá actualizar líneas de transporte.	1	E
29	El sistema permitirá actualizar tiempos de demora asignados a los tramos.	1	E
30	El sistema permitirá registrar demandas calculadas por medio de cargas masivas.	1	E
31	El sistema permitirá registrar el tráfico en los tramos de las calles por medio de cargas masivas.	1	E
32	El sistema permitirá configurar los parámetros para la generación de alertas.	3	E
33	El sistema permitirá generar alertas por sobrepasar límites de riesgo en la capacidad de los tramos.	3	E
34	El sistema permitirá administrar el día por rangos de horas, con el fin de permitir una mejor organización de los usos de buses a partir de la necesidad en cada uno de ellos.	1	E
35	El sistema generara todos los días a partir del horario de salidas activo, los horarios de paso en los paraderos de la ruta, tomando en cuenta los tiempos de demora actuales establecidos por tramo.	1	E
36	El sistema permitirá manejar las tareas pendientes de las empresas de transporte relacionadas a los trámites.	2	E
37	El sistema permitirá registrar los medios de transporte de las empresas.	1	E
38	El sistema permitirá agrupar los medios en flotas para asignarlos a las líneas de transporte.	1	E
39	El sistema permitirá renovar la licencia de los medios de transporte.	2	E
40	El sistema permitirá sancionar a los medios de transporte deshabilitándolos temporalmente.	2	E
41	El sistema permitirá cancelar la licencia de manera definitiva de un medio de transporte.	2	E
42	El sistema permitirá administrar las solicitudes de modificación de ruta por parte de las empresas.	1	E
<i>Empresas de transportes</i>			

43	El sistema permitirá registrar horarios de partida de cada uno de los medios de transporte.	1	E
44	El sistema permitirá actualizar horarios de partida de los medios de transporte.	1	E
45	El sistema permitirá generar sugerencia de horarios.	1	E
46	El sistema permitirá registrar flotas por líneas de transporte.	2	E
47	El sistema permitirá actualizar flotas por líneas de transporte.	2	E
48	El sistema permitirá que la empresa participe en las licitaciones de las rutas.	2	E
49	El sistema permitirá registrar a las Empresas de Transporte solicitudes de modificación de la ficha técnica de las rutas.	1	E
50	El sistema permitirá listar los medios de transporte que tiene disponible la empresa.	1	E
51	El sistema permitirá listar las líneas de transporte que administra la empresa.	1	E
<i>Usuarios registrados</i>			
52	El sistema permitirá administrar mensajes entre los usuarios.	2	E
53	El sistema permitirá mandar los reportes a los correos electrónicos registrados en los datos del usuario.	3	E
Respecto a los reportes:			
54	El sistema permitirá generar reporte de medios de transporte registrados.	3	E
55	El sistema permitirá generar reporte de los tiempos de demora reales entre tramos en comparación con los establecidos.	3	D
56	El sistema permitirá generar reporte de los paraderos.	3	E
57	El sistema permitirá generar reporte de las líneas de transporte actuales.	3	E
58	El sistema permitirá generar reporte de las capacidades alcanzadas por tramo o por ruta.	3	E
59	El sistema permitirá generar reporte del detalle de las rutas.	3	E
60	El sistema permitirá generar reporte de los horarios de paso de los medios de transporte por paraderos establecidos.	3	E
61	El sistema permitirá generar reporte sobre el viaje que puede transportar de un paradero a otro a partir en una hora de salida o de llegada indicada.	1	E
62	El sistema permitirá consultar los horarios de las rutas por cada medio de transporte, indicando las horas de paso por cada	3	E

	paradero que componen la ruta.		
63	El sistema permitirá consultar todos los horarios disponibles para viajar de manera directa de un paradero a otro en un rango de horas indicado.	3	E

**Tabla 2.3: Lista de requerimientos funcionales**

#### 2.2.1.4. Requerimientos no funcionales

La presentación de requerimientos no funcionales identificados se muestra en la tabla 2.4.

No	Descripción	Exigible
1	El sistema será una aplicación desarrollada con tecnología web.	E
2	El sistema estará disponible las 24 horas del día y los 7 días de la semana.	E
3	La interfaz de usuario debe ser orientada a páginas web y el manejo de la aplicación debe ser a través de teclado y ratón.	E
4	El sistema será capaz de restringir acceso a los distintos usuarios de acuerdo a su rango.	E
5	El sistema no requerirá ningún componente adicional de hardware.	E
6	El sistema será desarrollado en Microsoft Visual Studio .NET 2010 Enterprise Edition. El lenguaje de programación con el que se implementará es C#.	E
7	El sistema tendrá una Base de Datos manejada en Microsoft SQL Server 2008 Standard Edition con el paquete de servicios (Service Pack) 1.	E
8	El sistema necesitara que se tenga instalado el Framework .NET 3.5 y el Framework .NET 4.0.	E

**Tabla 2.4: Lista de requerimientos no funcionales**

### 2.3. Análisis de la solución

A continuación se detallara todo el análisis de la solución.

#### 2.3.1. Viabilidad de la solución

La solución planteada es viable porque permite que se beneficien todos los actores del negocio, clientes y proveedores, ya que por medio de un mejor control, se permite optimizar los costos operativos y administrativos, y generar el objetivo principal, la verdadera satisfacción de los clientes.



Aunque la realidad actual muestre un escenario muy distinto al planteado, no disminuye la probabilidad de éxito para un sistema de esta naturaleza, ya que en los países vecinos como Chile y Colombia también se han implementado sistemas de transporte innovadores, tanto en los aspectos tecnológicos, en infraestructura y en organización, con lo cual era posible administrar de manera óptima los recursos, para buscar satisfacer al público objetivo, que es toda la población, en mayor medida, con eficiencia y control. Por ejemplo, en Chile, el hecho de mantener centralizado los datos en un solo repositorio y la explotación de tales, favorece a un mejor análisis y a la determinación de decisiones, con lo cual mejoraron el servicio, el cual al inicio fue muy criticado por la mala distribución de las rutas, pero mediante estudios se fue afinando la distribución de las rutas y de los medios, mejoras y nuevas implantaciones que hasta hoy se mantienen. Como se percibe, esto se torna un proceso de mejora continua, a partir de los estudios se determina las necesidades del público objetivo y se definen estrategias con el fin de satisfacerlos. Las realidades sociales entre ambos países no es tan distante, la idiosincrasia es semejante, lo cual no hace ver como un imposible la adaptación a un sistema más organizado y formal.

Por medio de estos sistemas de transporte, se puede administrar mejor los datos con ayuda de un sistema de información que pueda facilitar la accesibilidad desde cualquier lugar, la disponibilidad durante todo el día y la facilidad de la búsqueda de lo que se desea, ya que todo está volcado en el. Esto ayudaría a que todos los involucrados en el sistema de transporte se beneficien con información útil para su organización (tanto de las empresas de transporte con respecto a las líneas que administra como a los pasajeros con respecto a sus tiempos de viaje), y para la toma de decisiones.

En el Perú, la aplicación de un sistema de información de esta magnitud necesitaría cambios organizacionales, los cuales según el Plan Regulador de Rutas terminarían de aplicarse para el primer semestre del 2014. El cual buscara solucionar los problemas del sistema de transporte actual mencionados anteriormente. Los países en los que se implantó, forman parte de un sistema integral, en los que la aplicación viene siendo una herramienta más que ayudara a la administración, lo cual se complementará con los medios tecnológicos e infraestructura. Por medio de la aplicación que se propone como solución, para una fase inicial no son necesarios todos los recursos que se emplearon en otros casos de éxito referidos a la reforma del sistema de transporte, eso se puede implantar periódicamente. Lo indispensable desde la fase inicial sería un servidor web, en el cual se encontrará alojada la

aplicación, y de computadoras con conexión a internet en las terminales para que pueda ser accedido por los clientes. Esto no descarta la posibilidad de contar con medios tecnológicos adicionales o con la construcción de nuevas o remodelaciones de infraestructuras, ya que por medio de ello se podría mejorar la eficiencia del sistema del transporte público, en la obtención de los datos y en el crecimiento vial.

Por ejemplo para la estimación de tiempos de demora en los tramos de las rutas es necesario saber los tiempos de demora usuales en el día a día, en los diversos rangos de hora, para lo cual podría ser útil tener un dispositivo electrónico que indique al llegar a cada paradero, en el cual también se ubicara un dispositivo, la hora exacta de arribo. Otra alternativa es que alguien anote manualmente dichos tiempos. Lo mismo sucede para saber la demanda de los pasajeros, en el caso de Santiago de Chile, con el Transantiago se logra conocer la demanda, ya que al subir a las unidades, se pasa una tarjeta electromagnética por un lector para realizar el pago del pasaje. El sistema de información necesita datos que usar para realizar evaluaciones, la manera como se consiga esos datos es opcional. Para caso práctico en el sistema, se cargara esta información por medio de un documento de Excel. Lo mismo para el caso del tráfico y la demanda.

Podría decirse en conclusión, que la solución que se propone facilita la administración de la información para la toma de decisiones, no implica lo que se vaya hacer cambios en el aspecto de la infraestructura y de la tecnología. Pero es recomendable en el aspecto tecnológico, el uso de dispositivos, ya que son confiables y más exactos de lo que podría resultar los procesos manuales. Eso es por parte de la información que se manipulara. Respecto a las personas, como se menciono, la adaptación será difícil, pero las personas pueden acostumbrarse, como se puede apreciar en otros casos de éxito.

El caso del Metropolitano es un claro ejemplo local de lo que se desea para toda Lima metropolitana, los pasajeros se han acostumbrado a tener mayores restricciones, mayor formalidad y estricto cumplimiento de la reglamentación. La modalidad de pago a las empresas de transporte, mejora la organización, ya que no cobran por pasajero, cobran por carrera, y la cantidad ya está definida previamente. Lo cual evita que exista caos vehicular con el fin de ganar mayor cantidad de clientes y hacer la mayor cantidad de carreras. Se pueden encontrar diferentes modos para hacer mas organizado el despliegue del transporte público con el fin de que todos salgan igual de beneficiados, los métodos existen, y los casos de éxito por implementarlos también.

### 2.3.2. Análisis técnico y económico

El análisis técnico y económico se especifica a continuación.

#### 2.3.2.1. Servidor de la Aplicación

La aplicación desarrollada necesita estar alojado en un servidor web, el cual deberá ser proveído por una empresa de cierta trascendencia en el medio, ya que mantener un propio servidor dedicado puede ser complicado y costoso. Más conveniente resulta el alquiler periódico a empresas proveedoras de web hosting para aplicaciones desarrolladas en .NET. Además de reducir el costo en caso de mantener un servidor propio, al contratar el servicio de terceros, expertos en la línea de negocio, es beneficioso porque se está garantizando los siguientes puntos:

- Mantenimiento de servidores, tanto a nivel de componentes físicos como de los lógicos.
- Seguridad de la información que se está almacenando.
- Accesibilidad a tiempo completo, en caso de que se den algunos problemas, la empresa tendrá procedimientos en caso de riesgos basados en su experiencia, por lo cual asegura una mejor respuesta.

Las terminales que lo acceden, pueden estar en cualquier punto, con esto se busca tener mayor facilidad de acceso al sistema, pero sin olvidar la seguridad. El proveedor del servicio de web hosting debe contar con los siguientes requisitos indicados de software y de hardware, por tratarse de un proveedor para aplicaciones desarrolladas en Microsoft Visual Studio .NET, dentro de los paquetes que ofrecen, ya se cumplen con los requisitos indicados. Los precios presentados son los del mercado para el presente periodo ([16], [17], [18], [19] y [20]).

- Software
  - El servidor en el que estará localizada la aplicación puede tratarse de un computador que cuente con Windows Server 2003, 2008 o XP.
  - Instalar el IIS desde 6.0 (Internet Information Services).
  - Instalar el .NET Framework 2.0, 3.0 y 3.5.
- Hardware
  - 500 Gb de capacidad de disco duro disponible. La información a guardarse en el disco es grande, ya que se empleara datos de todo el sistema de transporte de la ciudad. Las copias de respaldo más recientes se pueden almacenar en este mismo disco, pero se recomienda que cada cierto

- Procesador AMD o Intel, por ejemplo Intel QuadCore i5 3,3 GHz 2da generación.
  - A partir de 4Gb de memoria RAM.
  - Interfaz de red Gigabit Ethernet. Por la cantidad de personas que consultaran la aplicación web (cerca de 6 millones de personas tienen entre 18 a 70 años y emplean el sistema de transporte un gran porcentaje de ellos [25]), es necesario contar con un ancho de banda adecuado, con ello se lograra que todas las personas que necesiten acceder no tengan problemas de conexión.
- Costo
- Servidor: 2000 dólares anuales aproximadamente, depende del proveedor de servidores y de los servicios adicionales que se pueden contratar.
  - Licencia del Microsoft Visual Studio .NET 2010 Professional Edition: 2000 dólares aproximadamente al año, la renovación decrece a un 60% aproximadamente para los siguientes años.

#### 2.3.2.2. Servidor de la Base de Datos

La aplicación empleara un servidor para la base de datos, estos servicios pueden ser contratados al mismo proveedor del servidor de la aplicación, es lo más indicado. Los precios presentados son los del mercado para el presente periodo (precios extraídos de varias fuentes [16, 17, 18, 19 y 20]).

- Software
- El servidor en el que estará localizada la aplicación puede tratarse de un computador que cuente con Windows Server 2003, 2008 o XP.
  - Para conexión remota habilitar el puerto por defecto 1433.
  - El manejador que se empleará es el SQL Server 2008 Standard Edition. Se contará con los servicios que vienen con esta edición del SQL Server 2008: Analysis Services, Integration Services y Reporting Services (requerido para futuras mejoras).
  - Para conexión remota habilitar el puerto por defecto 1433.
- Hardware
- Desde 8Gb de memoria RAM.

- Procesador AMD o Intel, por ejemplo Intel QuadCore i5 3,3 GHz 2da generación.
  - Desde 500 Gb de espacio en el disco duro para instalación completa y para que pueda almacenar todos los datos por una buena cantidad de tiempo, ya que se estarán ingresando información de un tamaño considerable todos los días. Expandible con el tiempo.
  - Interfaz de red Gigabit Ethernet.
- Costo
- Servidor: 2000 dólares anuales aproximadamente, depende del proveedor de servidores.
  - Licencia del SQL Server 2008 Web Edition: hasta el año 2012 el precio es de 2000 dólares anuales aproximadamente.

### 2.3.2.3. Terminales

La aplicación se podrá acceder desde cualquier terminal, incluso desde las propias computadoras personales de los pasajeros, los requerimientos mínimos de estos serán los siguientes mencionados. Los precios presentados son los del mercado para el presente periodo (precios obtenidos de varias fuentes [21, 22 y 23]).

- Software
- Las terminales contarán con Microsoft Windows XP con el Services Pack 3, Microsoft Vista con el Services Pack 1, Microsoft Windows 7 o una versión superior de Microsoft Windows. Estas versiones soportan aplicaciones desarrolladas en Microsoft Visual Studio .NET con el Framework 3.5.
  - Navegador compatible con el sistema, el recomendado para su óptimo funcionamiento es Mozilla Firefox desde la versión 3.0, Internet Explorer desde la versión 8.0 y Google Chrome cualquier versión.
- Hardware
- Desde 1Gb de memoria RAM. Capacidad de la memoria adecuada para lograr mayor rapidez al cargar la aplicación.
  - Desde 1Gb de espacio disponible en el disco duro.
  - Procesador Intel Core 2 Duo o superior. No requiere mayor potencia para la aplicación, ya que por tratarse de una aplicación web, la carga del procesamiento se da en el servidor.
  - Requerirá tener capacidad gráfica mínima de 128 Mb de video, actualmente las tarjetas de video integrada a las placas cuentan con esa característica



- Costo
  - Terminal: 500 dólares aproximadamente, disminuye si la compra se puede realizar al por mayor.

### 2.3.3. Definición del sistema

El sistema buscara cumplir los requerimientos obtenidos luego del análisis del negocio con el fin de cumplir los objetivos planteados. La estructura del sistema a seguir se representa en el siguiente diagrama de clases.

#### 2.3.3.1. Catálogo de Actores

A continuación se describirá cada uno de los actores definidos para el sistema TransCiudad. En la figura 2.1 se muestra un diagrama jerárquico de los actores.

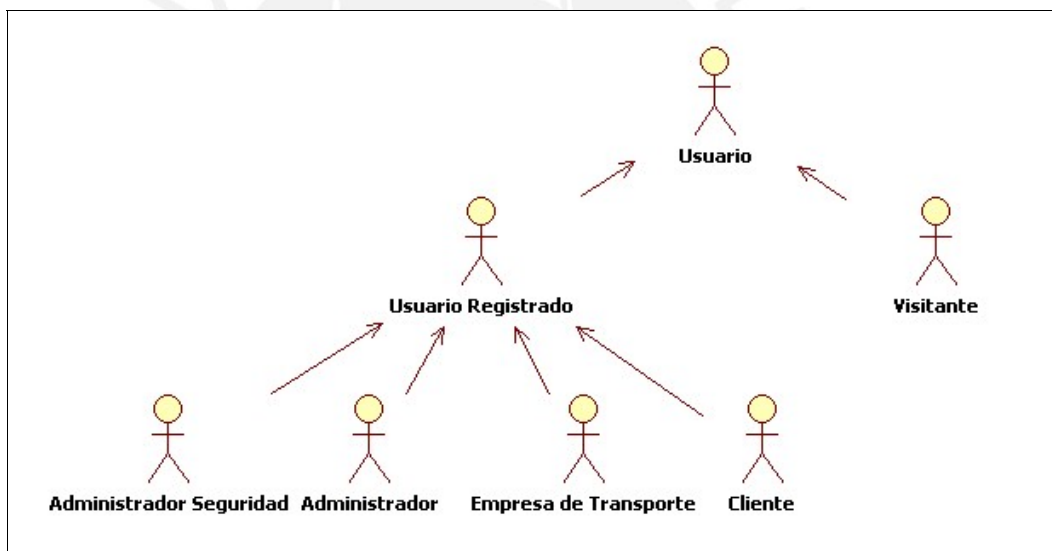


Figura 2.1: Catálogo de Actores

#### ➤ Usuario Registrado

Son quienes están registrados en el sistema, es decir, ingresaron sus datos y ya son identificados por medio de un nombre de usuario y una clave, los cuales son autenticados cada vez que el usuario desea ingresar al sistema.

- Administrador
 

Es el principal responsable del funcionamiento adecuado de la sistema. Sus funciones incluyen administrar a las empresas de transporte, administrar rutas, regular los tráficos, regular las frecuencias de salida de los buses, establecer tiempos de demora en los tramos.

- **Administrador de Seguridad**

Este usuario es el encargado de administrar los parámetros de configuración de la sesión, de las contraseñas, de los perfiles y de los grupos de usuario.
- **Administrador de Empresa de Transporte**

Este usuario es el encargado de administrar los buses de las flotas, las líneas y las rutas por parte de la empresa de transporte que representan. Sugerir cambios y realizar comentarios a los administradores del sistema, generar reportes.
- **Cliente**

Son quienes usarán el sistema de transporte de Lima Metropolitana con frecuencia. Accederán a los servicios de información del sistema de transporte, como consultas de rutas, líneas, tiempos de demora, horarios de viaje con la posibilidad de enviar notificaciones, alertas o mensajes directamente por parte del administrador, como entre los propios usuarios.
- **Visitante**

Son quienes usarán el sistema de transporte de Lima Metropolitana sin necesidad de contar con una cuenta. Accederán a los servicios de información del sistema de transporte, como consultas de rutas, líneas, tiempos de demora, horarios de viaje.

La descripción de los usuarios y de los casos de uso está en el anexo D.

### **2.3.3.2. Diagrama de Clases**

En la figura 2.2 se muestra el diagrama de clases del Sistema.

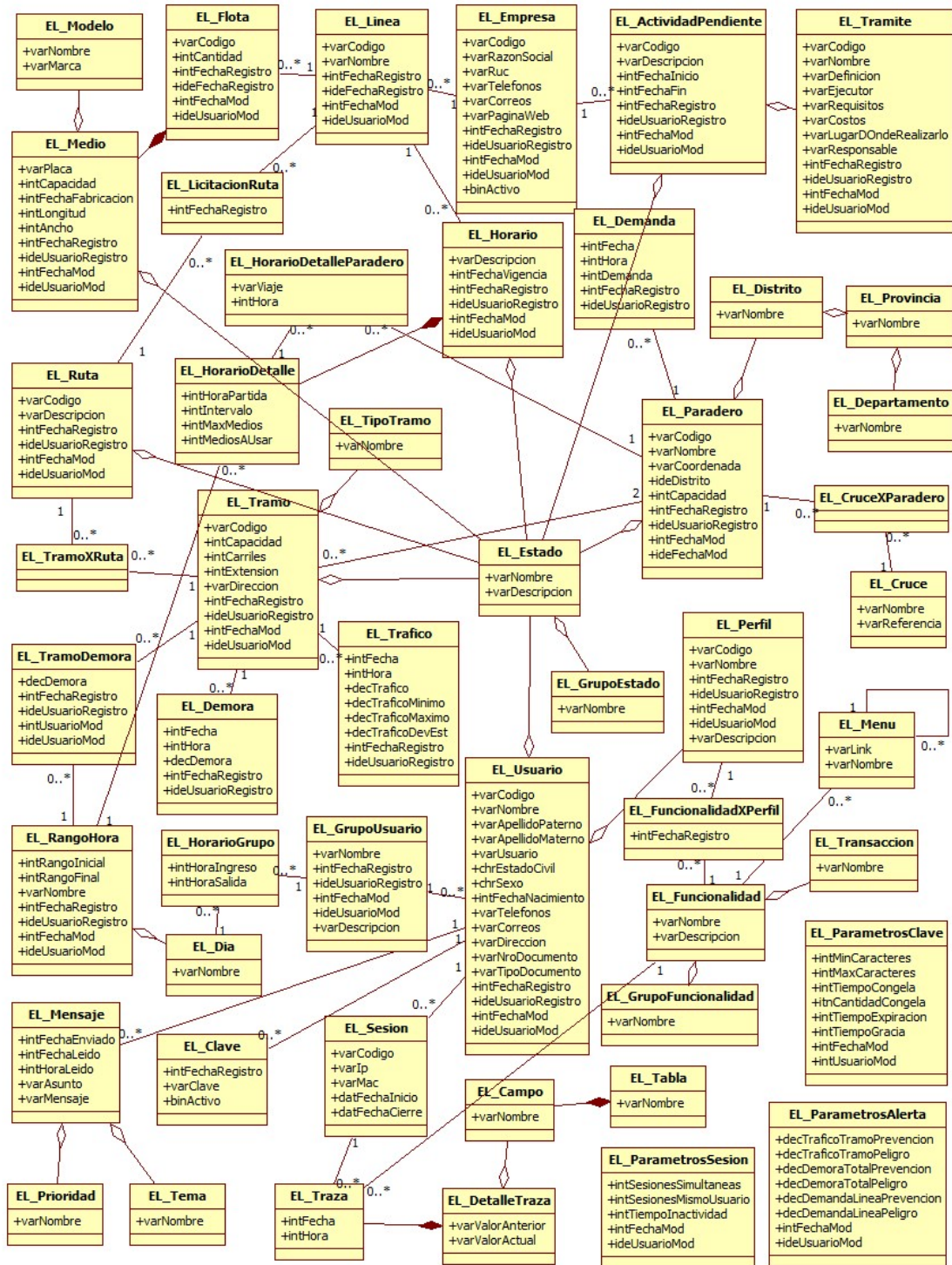


Figura 2.2: Diagrama de Clases de Análisis

### 2.3.3.3. Diccionario de Clases

Ver el diccionario de clases de análisis en el Anexo E.

### 2.3.3.4. Diagramas de Estados

Ver el diagrama de estados en el Anexo E.

## **CAPÍTULO 3. DISEÑO**

### **3.1. Arquitectura de la Solución**

La arquitectura que será desarrollada en el Sistema TransCiudad, se basa en el modelo de vistas “4+1” los cuales aplicados en conjunto ayudan a satisfacer la gran parte de los requisitos funcionales y performance, así como también otros requisitos no funcionales tales como la confiabilidad, escalabilidad, portabilidad y disponibilidad del Sistema.

A continuación se definen cada una de las vistas.

#### **3.1.1. Vista de Casos de Uso**

Describe los casos de uso que representan funcionalidades significativas. Se tomaron los siguientes casos de usos significativos: validar usuario, mantener usuarios, mantener ruta, registrar demanda por paradero, mantener línea, mantener horario de partida y reporte de tráfico.



### 3.1.1.1. Realizaciones de casos de uso

A continuación se describirán algunos de los casos de uso significativos. En la figura 3.1 se muestra la vista de los casos de uso a describirse.

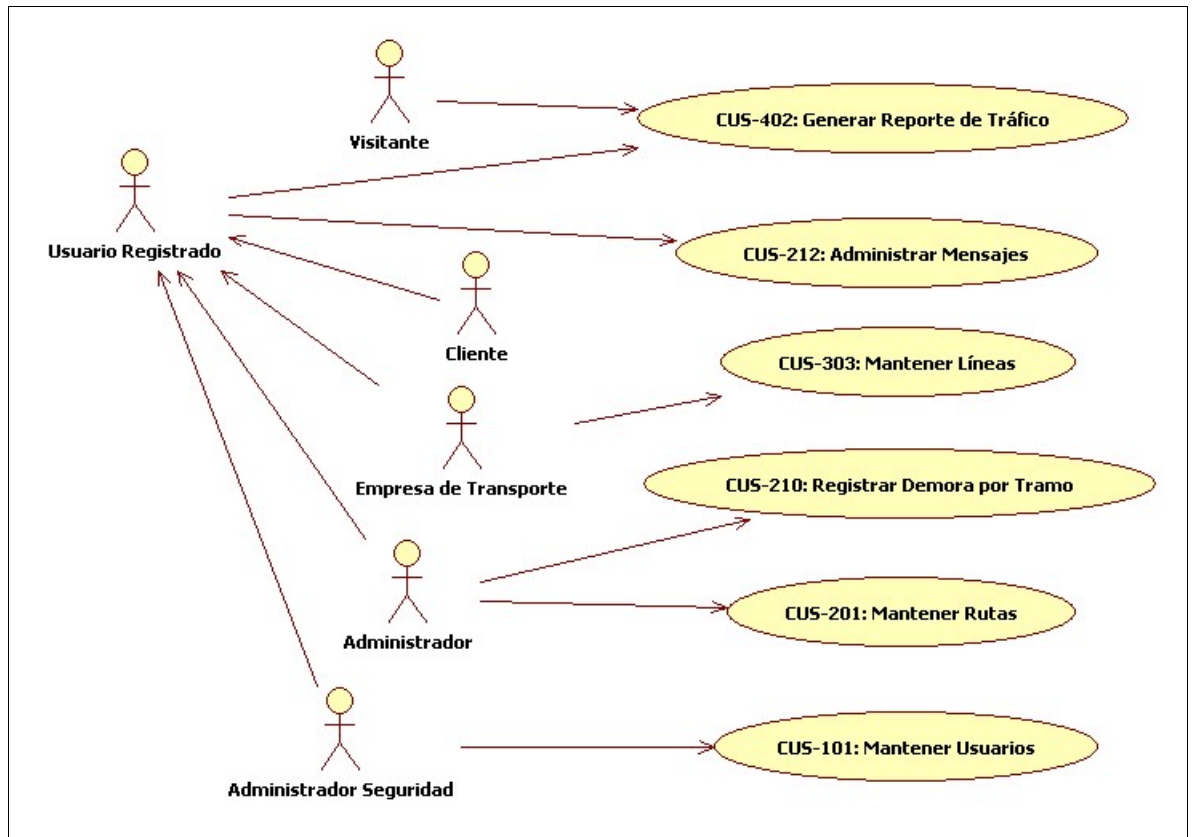


Figura 3.1: Vista de Casos de Uso

### 3.1.1.2. Descripción de los actores

#### ➤ Usuario Registrado

Son quienes están registrados en el sistema, es decir, ingresaron sus datos y ya son identificados por medio de un nombre de usuario y una clave, los cuales son autenticados cada vez que el usuario desea ingresar al sistema.

#### • Administrador

Es el principal responsable del funcionamiento adecuado de la sistema. Sus funciones incluyen administrar a las empresas de transporte, administrar rutas, regular los tráficos, regular las frecuencias de salida de los buses, establecer tiempos de demora en los tramos.

#### • Administrador de Seguridad

Este usuario es el encargado de administrar los parámetros de configuración de la sesión, de las contraseñas, de los perfiles y de los grupos de usuario.



- **Administrador de Empresa de Transporte**

Este usuario es el encargado de administrar los buses de las flotas, las líneas y las rutas por parte de la empresa de transporte que representan. Sugerir cambios y realizar comentarios a los administradores del sistema, generar reportes.
- **Cliente**

Son quienes usaran el sistema de transporte de Lima Metropolitana. Accederán a los servicios de información del sistema de transporte, como consultas de rutas, líneas, tiempos de demora, horarios de viaje.

➤ **Visitante**

Son quienes usaran el sistema de transporte de Lima Metropolitana sin necesidad de iniciar sesión. Accederán a los servicios de información del sistema de transporte, como consultas de rutas, líneas, tiempos de demora, horarios de viaje.

**3.1.1.3. Descripción de los casos de uso**

➤ **CUS-101: Mantener usuarios**

El objetivo de este caso de uso es definir los procesos de consulta, registro, actualización y eliminación de los usuarios que serán creados para las distintas personas que accederán al sistema asignándoles una serie de perfiles dependiendo de los perfiles.

➤ **CUS-201: Mantener rutas**

El objetivo de este caso de uso es definir los procesos de consulta, registro, actualización y eliminación de las rutas que seguirán las líneas de las empresas de transporte.

➤ **CUS-210: Registrar Demora por Tramo**

El propósito de este caso de uso es definir el proceso de registro de la demora por tramo, valores reales ingresados vía un documento de excel.

➤ **CUS-212: Administrar Mensajes**

El propósito de este caso de uso es definir el proceso de registro y consulta de mensajes, con el fin de comunicarse entre usuarios y de enviar notificaciones por parte del mismo sistema.

➤ **CUS-303: Mantener Líneas**

El objetivo de este caso de uso es definir los procesos de consulta, registro,

➤ CUS-402: Generar reporte de tráfico

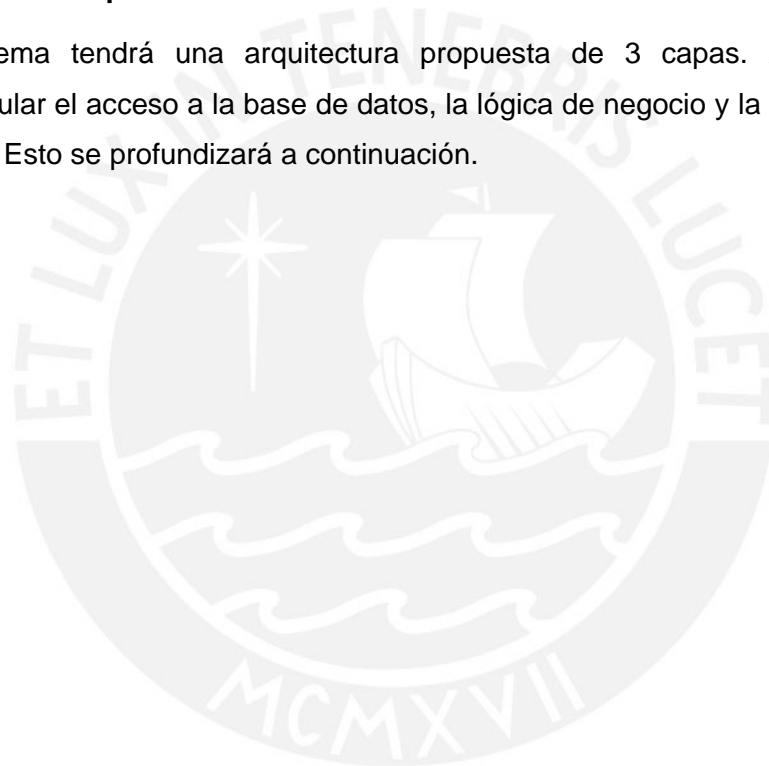
El propósito de este caso de uso es definir el proceso de generación de reportes de las capacidades alcanzadas en las rutas y tramos.

### 3.1.2. Vista Lógica

Contiene los componentes de mantenimientos, procesos del negocio, las consultas, y la base de datos.

#### 3.1.2.1. Descripción

El sistema tendrá una arquitectura propuesta de 3 capas. Así se pretende encapsular el acceso a la base de datos, la lógica de negocio y la interacción con el cliente. Esto se profundizará a continuación.



### 3.1.2.2. Paquetes de diseño significativos

En la figura 3.2 se muestra los paquetes significativos empleados en el sistema.

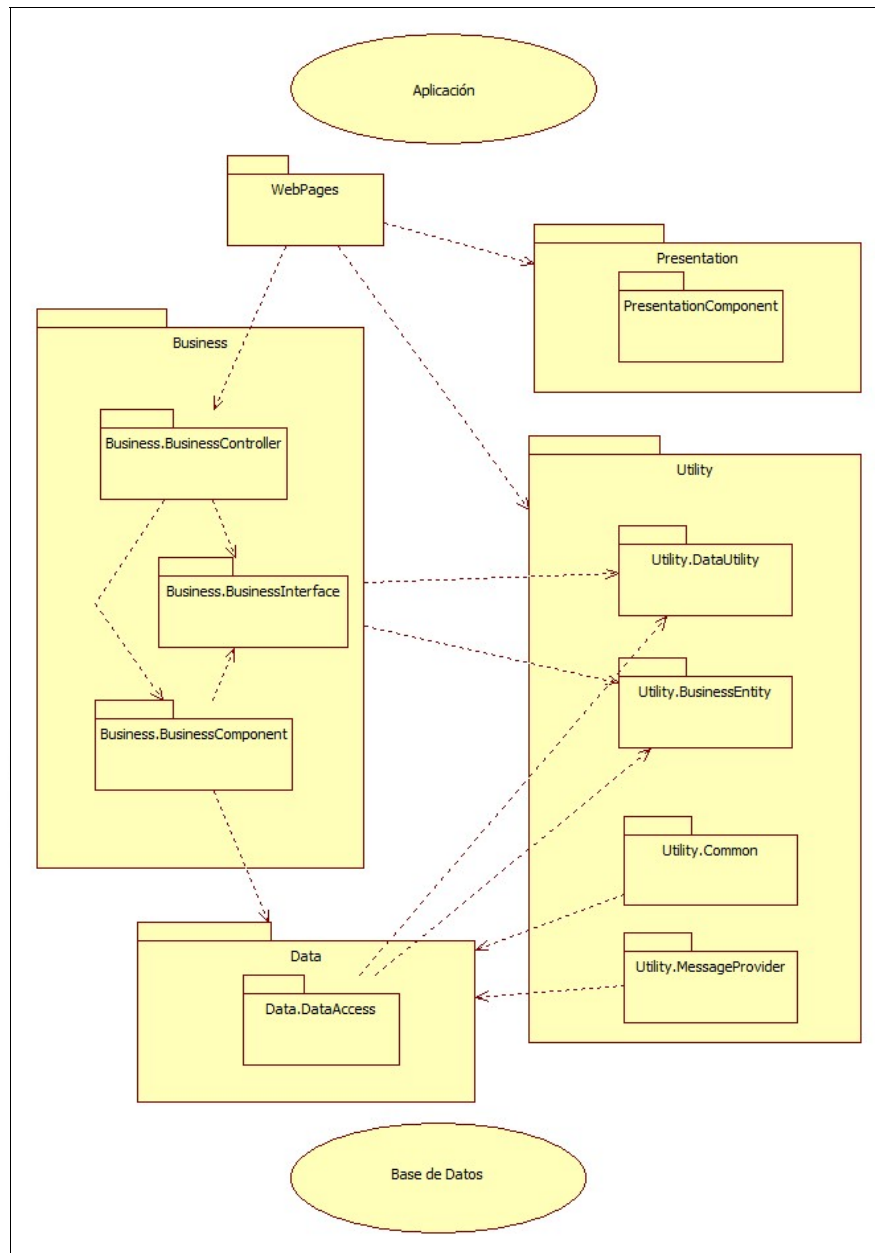


Figura 3.2: Vista Lógica

### 3.1.2.3. Definiciones de las capas

#### ➤ WebPages

Capa de la interfaz gráfica con el que el usuario interactuará. Es el responsable de captar la información ingresada por el usuario, como de mostrar la información procesada desde la base de datos a través de los distintas capas.

➤ Presentation

Capa de ayuda a la capa de interfaz de usuario, en ella se definen interfaces que estandarizan la codificación y economizan los tiempos de desarrollo.

➤ Data

Capa que interactúa directamente con el acceso a los datos. Mapea las entidades lógicas de la base de datos para su consulta abstracta.

➤ Business

Capa que contiene la lógica de negocio. Se encarga de la manipulación de los datos tanto para almacenar como para mostrar. Esta capa está dividida en 3 partes.

- BusinessComponent

Depende de la capa Data, desde la cual se realiza los procesos del negocio, con el fin de manipular los datos de manera adecuada.

- BusinessInterface

Es la estructura de las clases de esta capa de negocio, en el cual se definen los métodos que contendrán. Por medio de esta capa se permite aislar la visibilidad, además permite que el código sea desacoplable.

- BusinessController

Es la subcapa que se encarga de enrutar los requerimientos desde la interfaz de usuario, a las distintas interfaces definidas. Una página únicamente invoca a un solo controlador, mientras que este controlador se encarga de solicitar los métodos que requiera a las interfaces que sean necesarias.

➤ Utility

Capa transversal, que está presente en las tres capas, que cumple con el rol de representar a las entidades fundamentales del modelo, con el motivo de administrar de mejor manera las transiciones entre las capas.

- Common

Esta librería contiene las constantes definidas en la base de datos como en el mismo código de las clases definidas en esta librería.

- MessageProvider

Esta librería permite que los mensajes se desplieguen en la interfaz de usuario, estas están almacenadas en la base de datos. Acceden a estos datos por medio de la capa Data.

- **DataUtility**  
Es la librería que permite convertir tipos de datos o formatear valores.
- **BusinessEntity**  
Es la librería en los que se definen las entidades que se emplearan en toda la aplicación.

### 3.1.3. Vista de Procesos

Ver el diagrama de clases de análisis en el Anexo E.

### 3.1.4. Vista de Implementación

Ver la vista de implementación en el Anexo F.

### 3.1.5. Vista de base de datos

Ver el modelo relacional en el Anexo G.

### 3.1.6. Vista de Despliegue

En esta vista se muestra la representación física de la implementación del Sistema, describiendo cada uno de los nodos existentes y como estos se encuentran conectados en la red. En la figura 3.4 se muestra la vista de despliegue.

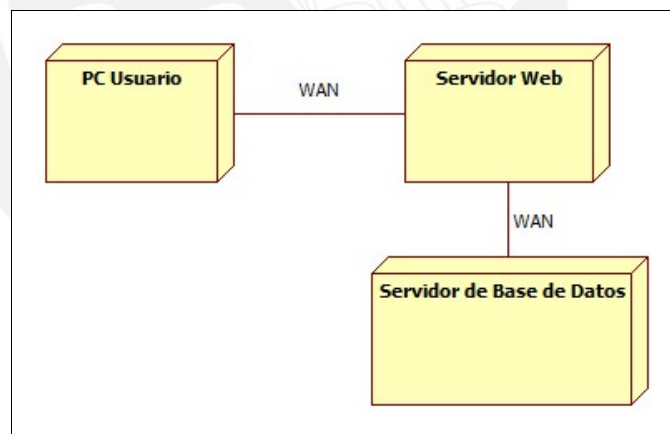


Figura 3.3: Vista de Despliegue

#### 3.1.6.1. PC Usuario

A través de este tipo de PC los distintos usuarios accederán al sistema vía web, y teniendo en cuenta los privilegios que cada uno de ellos posee, tendrá acceso a ciertas funcionalidades del mismo.



### 3.1.6.2. Servidor web

Este nodo representa al servidor que alojará las aplicaciones web, a su vez se conectara mediante una red WAN con el servidor de base de datos del sistema.

### 3.1.6.3. Servidor de Base de Datos

Este nodo representa al servidor que alojará a la base de datos del sistema. Los usuarios del sistema pueden acceder a los datos por medio del servidor web.

### 3.1.7. Metas y restricciones de la Arquitectura

Existen algunos aspectos, requerimientos y restricciones del Sistema, que tienen una influencia importante en la arquitectura del Software que se contemplan a continuación.

#### 3.1.7.1. Metas

- El Sistema contemplará una conectividad total con una base de datos SQL Server 2008 en donde se almacenará toda la información.
- El Sistema trabajará sin ningún problema bajo el sistema operativo Windows XP o superior.
- El Sistema se ejecutará en una plataforma con acceso a Internet.
- La seguridad del Sistema estará basada en perfiles en donde para acceder al sistema se requerirá de un usuario y clave.

#### 3.1.7.2. Restricciones

- El desarrollo del sistema está basado en tecnología web.
- Se realizará el desarrollo del Sistema en el entorno de desarrollo Microsoft Visual Studio .NET 2010.
- Se trabajará con una base de datos SQL Server 2008.
- Se utilizarán procedimientos almacenados para las transacciones a realizarse entre la aplicación y la base de datos.
- Se utilizará ASP.NET y AJAX para el diseño de las páginas.

### 3.1.8. Tamaño y performance

La arquitectura de software elegida apoya los requisitos funcionales y no funcionales, en este último podemos considerar la capacidad de latencia en disco y capacidad en disco.

#### 3.1.8.1. Tiempo de respuesta en acceso a la Base de Datos

El sistema proveerá accesos a la base de datos con un tiempo de respuesta no

#### **3.1.8.2. Tiempo de respuesta de transacciones**

El sistema no demorará más de 5 minutos en generar una operación o transacción y guardándolo en base de datos.

#### **3.1.8.3. Espacio en disco para el cliente**

El espacio en disco necesario para la parte de cliente debe tener como mínimo 500Mb de espacio libre para un correcto funcionamiento, sin considerar que se tiene que instalar el Microsoft .NET Framework 3.5 previamente en la máquina del cliente.

#### **3.1.8.4. Espacio en disco para el servidor de base de datos**

El espacio en disco necesario para el Servidor de Base de Datos debe tener como mínimo 1Gb libre en disco para su correcto funcionamiento.

#### **3.1.8.5. Sistema Operativo**

El sistema operativo donde se alojara el sistema debe ser: Microsoft Windows XP Profesional Service Pack 3, Microsoft Windows Server 2003, Microsoft Windows Vista Service Pack 2 instalado con Microsoft .NET Framework 2.0 o 3.5.

El sistema operativo de las computadoras usuarias deberá contar con Internet Explorer 7 o superior y Mozilla Firefox 3 o superior.

### **3.1.9. Calidad**

Se dan los siguientes requerimientos de calidad para un mejor aprovechamiento de la arquitectura de software:

#### **3.1.9.1. Usabilidad**

El sistema permitirá un manejo intuitivo por parte de los usuarios.

#### **3.1.9.2. Seguridad**

El sistema permitirá el acceso a funcionalidades dependiendo del rol del usuario que ingresa al sistema, validando su ingreso a través de una clave. Adicional se tomará las medidas de seguridad mínimas para el sistema web (protocolo de seguridad para el envío de clave, el cifrado de contraseña en la base de datos).

#### **3.1.9.3. Confiabilidad**

El sistema tendrá en cuenta que la información sea válida, para lo cual mostrará mensajes de errores y mensajes de advertencia.

#### 3.1.9.4. Mantenimiento

El sistema será flexible, facilitando su mantenimiento futuro.

#### 3.1.9.5. Estándares

Se usará un estándar para todas las ventanas e interfaces con el usuario que tenga el sistema, también habrá un estándar de programación.

### 3.2. Diseño del Algoritmo para la Generación de Propuestas de Horarios

#### 3.2.1. Introducción

El algoritmo a implementarse tendrá la función de seleccionar distribuciones posibles dentro del horario de un día tomando en cuenta los factores relacionados al sistema de transporte. El horario seleccionado representara a la lista de salidas que se registraran a lo largo del día, este será el resultado del algoritmo.

Inicialmente estará vacía.

Se contara con las siguientes restricciones:

- El tráfico máximo que se permitirá emplear para la estimación y el tráfico máximo permitido en cada tramo.
- La demanda a abastecer
- La cantidad de medios de la flota

El objetivo de la selección es optimizar el uso de los medios durante el día. Esto se mide a partir de las siguientes consideraciones:

- Usar medios de manera repartida, no abusar con un grupo reducido, tratar de usar todos por igual.
- Usar los buses de capacidad adecuada para cubrir la demanda de la clientela registrada de la mejor manera.
- Usar el número de buses necesaria sin sobrepasar el trafico máximo indicado.

Tomando en cuenta estos factores se realizara la selección de medios, minimizando costos y optimizando los recursos. El fin de este algoritmo es de dar una noción del posible horario que pueden generar con el fin de no sobrepasar los límites de las variables del negocio. Después de generarlo y guardarlo es posible editarlo para ajustarlo a medida de la necesidad desde el punto de vista de la empresa.

### 3.2.2. Construcción del Algoritmo

#### A. Términos usados

➤ Capacidad del tramo

Es el cálculo de la capacidad del tramo dependerá de los carriles y el número de cuadras. Esto define la cantidad máxima de vehículos que puede soportar el tramo.

La fórmula es:

$$(\text{Carriles}) * (\text{Distancia})$$

Carriles: Número de carriles en la pista del tramo.

Distancia: Cantidad de metros de distancia entre un paradero y otro de un tramo.

➤ Rango de Horas por Día

Para la asignación de los horarios se debe tener en consideración los rangos de horas establecidos para cada tipo de día (lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado, domingo y feriado), los cuales existen previo análisis de la tendencia del tráfico. Para cada rango existirá su propia frecuencia de salida.

➤ Flota

Es el grupo de medios de transporte que recorrerá la ruta en el día y rango de hora ingresado. Este indica el número de vehículos que podrán ser usados. Se evalúa la capacidad del vehículo y la cantidad de carreras recorridas el último mes, con el fin de hacer equitativo el uso a partir de la necesidad de los pasajeros con la demanda.

➤ Demora

Son los tiempos que se manejan en el sistema para determinar la demora para recorrer los tramos de la ruta. Estos son los usados en este punto, para realizar un cálculo más exacto y establecer de mejor manera los horarios.

➤ Tráfico

Es el cálculo que se realiza para cada tramo, en el que se emplea los datos de vehículos que entran, salen y permanecen en el tramo.

➤ Demanda

Es la cantidad de pasajeros o clientes que desean usar el servicio de la línea de transporte. A partir de estos datos se determina la cantidad de medios que se deberá a usar para abastecer a la demanda, esto se determina por rango de hora y día.

- **Trafico limite**  
Es el dato adicional que se emplea para limitar el número de medios de transporte a emplear por parte de la línea, con el fin de que la distribución de medios se haga de manera controlada tomando en cuenta el costo, que viene siendo el tráfico generado.
- **Costo**  
Es el costo que se asume por cada medio que se utilizara para el transporte en el rango de hora. Toma en cuenta la cantidad de tráfico, ya que cuanto mayor sea, mas es el costo (tanto en términos de tiempo y de dinero). El costo se asume que será proporcional a la dimensión del bus.
- **Demanda Abastecida**  
El costo deberá de verse justificado con la demanda que será abastecida, se debe de tratar de abastecer a todos los clientes siempre y cuando el costo no de un saldo muy negativo.

**B. Variables**

<i>flota</i>	Representa a la flota que se encargara de abastecer del servicio de transporte.
<i>ruta</i>	Representa a la ruta en la que se está ejecutando la generación de horarios.
<i>max buses</i>	Representa a la cantidad de buses como máximo que se empleara.
<i>max trafico</i>	Representa al porcentaje máximo de tráfico que se considerara para la determinación del número de buses que se empleara.
<i>dia</i>	Representa el día de la semana en la que se está haciendo la generación del horario.



<i>Horario</i> <sub>Mejor</sub>	Representa al horario seleccionado como el óptimo, en cada iteración se va comparando con los nuevos horarios generados, y se actualiza con la mejor de las opciones.
<i>Horario</i> <sub>Nuevo</sub>	Representa al nuevo horario generado, este es comparado con el mejor horario, para determinar cuál es el mejor en cada iteración.
<i>Medios</i>	Representa a los medios de transporte disponible en la flota.
<i>Tramos</i>	Representa a los tramos que conforman la ruta en la que se está haciendo la generación de los horarios.
<i>Medios</i> <sub>Candidatos</sub>	Representa a los medios de transporte candidatos en la fase de selección del medio para agregar una nueva salida en la generación de horarios.
<i>Medio</i> <sub>Elegido</sub>	Representa al medio elegido entre los medios candidatos para agregar una nueva salida en la generación de horarios.
<i>Medios</i> <sub>EnRuta</sub>	Representa a los medios de transporte que están en uso para un determinado horario, con el fin de no selecciona un medio para una nueva salida en caso ya esté en la ruta.
<i>Horario</i> <sub>Elegido</sub>	Representa al horario que se está generando en cada iteración.
<i>Trafico</i> <sub>Acumulado</sub>	Representa al tráfico acumulado en cada rango de hora a partir de cada medio de transporte que está siendo agregado para que salga, lo cual, con cada uno provoca que se aumente el tráfico.

<i>Demanda<sub>abastecida</sub></i>	Representa la demanda que va siendo abastecida en un determinado rango de hora a partir de los medios de transporte que va siendo asignada.
<i>Besta<sub>min</sub></i>	A partir de la función voraz se determina un valor a cada medio de transporte en la fase de selección de los medios candidatos. Esta variable representa al valor mínimo alcanzado por un medio entre todos los disponibles.
<i>Besta<sub>max</sub></i>	A partir de la función voraz se determina un valor a cada medio de transporte en la fase de selección de los medios candidatos. Esta variable representa al valor máximo alcanzado por un medio entre todos los disponibles.
<i>Besta<sub>lim</sub></i>	A partir de la función voraz se determina un valor a cada medio de transporte en la fase de selección de los medios candidatos. Esta variable representa el límite inferior desde el cual se determinarían los medios candidatos.
<i>Alfa</i>	Representa al valor alfa del algoritmo GRASP.
<i>Medios<sub>elegidos</sub></i>	Representa a la lista de medios elegidos en el rango de hora que se está ejecutando.
<i>Rango<sub>hora</sub></i>	Representa el rango de hora. Los días están divididos en rangos, para cada rango se realiza la organización de salidas de medios de transporte.
<i>Trafico<sub>real</sub></i>	Representa al tráfico real existente en la ruta antes de la generación de horarios.
<i>Demanda<sub>real</sub></i>	Representa la demanda real existente en la ruta.
<i>Medios<sub>Totales</sub></i>	Representa a los medios de transporte disponible en la flota. No toma en cuenta los medios que están en uso en el rango de hora seleccionado.

### C. Pasos

El algoritmo se ejecutara de manera iterativa un número determinado de veces, para este caso será 500 repeticiones, en los cuales ejecutará un algoritmo GRASP adaptado a las condiciones y necesidades del negocio, el cual es el siguiente:

➤ Paso 0: Inicializar valores

Se tiene que recibir inicialmente cuatro parámetros:

- **flota**
- **max\_buses**
- **max\_trafico**
- **dia**

Se inicializan las variables que se emplearan para el algoritmo:

- **Horario<sub>Mejor</sub>**
- **Horario<sub>Nuevo</sub>**
- **Medios** , se inicializa con todos los medios de la flota indicada en el algoritmo.
- **Tramos** , se inicializa con todos los tramos que constituyen la ruta.

Dentro de cada iteración se deberán de inicializar las siguientes variables:

- **MediosEnRuta**
- **Horario<sub>Elegido</sub>**
- **TraficoAcumulado**
- **Demanda<sub>Abastecida</sub>**

➤ Paso 1: Selección de medios

Se selecciona un medio entre una serie de candidatos preseleccionados **MediosCandidatos** de la lista de medios **MediosTotales** . Este debe de cumplir con la condición de no pasar el trafico máximo y de que sea menor la demanda abastecida a la que falta abastecer, en caso no cumpla se sigue seleccionando de entre los candidatos un medio hasta que se elija uno o no haya alguno. Se

continúa realizando la selección de buses uno a uno hasta que se cumpla con las condiciones limitantes para cada rango de hora en la lista **RangoHora**.

➤ Paso 2: Actualización del horario

Se procede a actualizar la lista de **HorarioMejor** con la selección de medios realizada en el paso anterior para cada rango de hora.

### 3.2.3. Algoritmo GRASP

El algoritmo a desarrollarse según lo expuesto es el siguiente.

```

Procedimiento GRASP(flota, ruta, max_buses, max_trafico, día)
  Inicializar HorarioMejor
  Inicializar HorarioNuevo
  Medios = SeleccionarMedios(flota)
  Tramos = SeleccionarTramos(ruta)
  iteracion = 1
  Mientras iteracion ≤ 500 hacer
    [Horario] YNuevo = ContruirSolucion(max_buses, max_trafico, Medios, Tramos, día)
    Si Costo(HorarioNuevo) ≤ Costo(HorarioMejor) entonces
      HorarioMejor = HorarioNuevo
      iteracion = iteracion + 1
  FinMientras
  Retornar HorarioMejor
FinProcedimiento GRASP

Procedimiento ContruirSolucion(max_buses, max_trafico, Medios, Tramos, día)
  Inicializar MediosCandidatos
  Inicializar MedioElegido
  Inicializar MediosEnRuta
  Inicializar HorarioElegido
  Inicializar TraficoAcumulada
  Inicializar DemandaAbastecida
  Inicializar BetaMin
  Inicializar BetaMax
  Inicializar BetaMin
  Alfa = 0.28
  Inicializar MediosElegidos
  Inicializar RangoHora
  RangoHoras = CargarRangoHoras(día)
  Mientras Contar(RangoHoras) > 0 hacer
    RangoHora = RangoHoras
    TraficoReal = CargarTrafico(Tramos, RangoHora)
    DemandaReal = CargarDemanda(Tramos, RangoHora)
    MediosTotales = FiltrarMediosQueNoEstanEnUso(Medios, MediosEnRuta)
    Mientras ( Contar(MediosTotales) > 0 y
      ValidarDemanda( [Demanda] Abastecida, [Demanda] Real)) hacer
      MediosTotales = ValorizarConFuncionObjetivo(MediosTotales,
        [Demanda] Real, [Demanda] Abastecida)
      BetaMin = SeleccionarMinimo(MediosTotales)
      BetaMax = SeleccionarMaximo(MediosTotales)
      BetaMin = BetaMax - (BetaMax - BetaMin) * Alfa

```

<pre> MediosCandidatos = SeleccionarCandidatos(MediosTotales, Beta<sub>2fm</sub>) Mientras (binSeleccionado == falso y Contar(MediosCandidatos) &gt; 0) Medio<sub>2legido</sub> = SeleccionarAleatorio(MediosCandidatos) Si ValidarTráfico(TráficoAcumulado, Medio<sub>2legido</sub>, TráficoReal) en Medios<sub>2legidos</sub> = Agregar(Medios<sub>2legidos</sub>, Medio<sub>2legido</sub>) TráficoAcumulado = TráficoGenerado(Medio<sub>2legido</sub>) CostoAcumulado = CostoGenerado(Medio<sub>2legido</sub>) Demanda<sub>Abastecida</sub> = DemandaAbastecida(Medio<sub>2legido</sub>) binSeleccionado = verdadero MediosEnRuta = Agregar(MediosEnRuta, Medio<sub>2legido</sub>) Fm Si MediosTotales = Borrar(MediosTotales, Medio<sub>2legido</sub>) MediosCandidatos = Borrar(MediosCandidatos, Medio<sub>2legido</sub>) Fm Mientras Fm Mientras iteracion = iteracion + 1 RangoHoras = Borrar(RangoHoras, RangoHora) ActualizarMediosEnRuta(MediosEnRuta) Horario<sub>2legido</sub> = AgregarDetalleHorario(Horario<sub>2legido</sub>, Medio<sub>2legido</sub>) Fm Mientras Retornar Horario<sub>2legido</sub> Fm Procedimiento ConstruirSolucion </pre>	<pre> Procedimiento ValorizarConFuncionObjetivo(Medios, Demanda<sub>Real</sub>, Demanda<sub>Abastecida</sub>) Inicializar Medio Mientras Contar(Medios) &gt; 0 hacer Medio = SeleccionarMedio(Medios) Medio.Valor = FuncionValor(Medio, Demanda<sub>Real</sub>, Demanda<sub>Abastecida</sub>) Medios = Borrar(Medios, Medio) Fm Mientras Fm Procedimiento ValorizarConFuncionObjetivo </pre>
<pre> Procedimiento FuncionValor(Medio, Demanda<sub>Real</sub>, Demanda<sub>Abastecida</sub>) Inicializar Costo Inicializar MaximizarCapacidad Inicializar Uso </pre>	



Si  $(Demanda_{Real} - Demanda_{Abastecida} > Medio.Capacidad)$  entonces

$$MaximizarCapacidad = 1$$

Si no

$$MaximizarCapacidad = \frac{(Medio.Capacidad - (Demanda_{Real} - Demanda_{Abastecida}))}{Medio.Capacidad}$$

Fin Si

$$Costo = Medio.Ancho * Medio.Longitud$$

$$Uso = Medio.PorcentajeUso + VecesUsadoEnEstaSolucion * \frac{100}{Contar(RangoHoras)}$$

$$Retornar \frac{1}{Costo * 0.2 + MaximizarCapacidad * 0.4 + Uso * 0.4}$$

Fin Procedimiento FuncionVoraz

A continuación, se especifica los puntos importantes.

### A. Fase de Construcción

La fase de construcción es necesario para la crear la selección inicial de medios, en el cual como se indico en el algoritmo anterior, se deberá seleccionar los medios del universo de medios de la flota. Para ello, a partir de la función voraz, se colocara pesos a cada medio, con los cuales se determinarán los candidatos.

Los candidatos se determinan a partir del valor **Alfa** , que es el que dará la posibilidad de no sesgar demasiado los posibles medios a elegir evitando los óptimos locales (miopía).

Inicialmente es necesario obtener los valores máximo y mínimo encontrado en las valorizaciones a partir de la función voraz.

$$Beta_{Min} = \text{SeleccionarMínimo}(\text{MediosTotales})$$

$$Beta_{Max} = \text{SeleccionarMáximo}(\text{MediosTotales})$$

A continuación, la selección de candidatos será el grupo que cumpla con la siguiente condición:

$$Beta_{Max} - (Beta_{Max} - Beta_{Min}) * Alfa \leq \text{FuncionVoraz}(\text{Medio}) \leq Beta_{Max}$$

La lista de candidatos es obtenida luego de filtrar del universo de medios aquellos que están en uso, es decir, que ya partieron y se encuentran brindando el servicio de transporte, estos medios estarán nuevamente disponibles en el rango de hora en el que se calcula que ya están de vuelta a su paradero inicial. De la lista de candidatos se elige un medio aleatoriamente, el cual debe de cumplir con las condiciones de no sobrepasar el tráfico. En caso suceda se deberá de seleccionar algún otro medio de los candidatos hasta que se elija uno o la lista quede sin medios. Luego de seleccionar un medio se repite el proceso hasta cumplir con la demanda, sobrepasar el tráfico máximo o se terminen los medios.

Igualmente se repite lo mismo para cada rango de hora. Para cada rango de hora se inicializa nuevamente los medios de la flota, ya que se evaluara del universo de medios en cada una de ellas.

Se almacenara todos los medios seleccionados para cada rango en la variable **Horario\_nuevo**.

## B. Función Voraz

La función maximiza el rendimiento.

Las variables que se busca maximizar o que es conveniente para su selección que sean mayores:

- Demanda abastecida

Las variables que se busca minimizar o que es conveniente para su selección si son menores:

- Tráfico

- Costo del bus a partir de la capacidad del bus
- Uso del bus a partir del uso máximo de un bus el último mes.
- Capacidad desperdiciada

A partir de estas variables se determinan tres factores importantes:

- Costo = Trafico \* Capacidad del Bus
- Maximizar Capacidad del Bus = Capacidad desperdiciada / Demanda abastecida
- Uso del bus = Porcentaje de uso del bus a partir del uso máximo

A partir de los factores, se determino la siguiente función, donde cada factor tiene un grado de importancia que puede ser relativo, pero para el presente algoritmo se asume que es más importante abastecer a la demanda y rotar los buses para evitar que unos tengan más uso que otros, se le resta importancia a los costos generados.

1

$$\text{Costo} * 0.2 + \text{MaximizarCapacidad} * 0.4 + \text{Uso} * 0.4$$

### C. Determinación del valor de la variable Alfa

El valor de *Alfa* va de 0 a 1, por medio de una serie de iteraciones ejecutadas se determino que las mejores soluciones a un nivel de precisión de dos decimales se dan entre los valores 0.26 y 0.28.

Se ejecuto inicialmente 50 veces para cada posible valor para los posibles valores de alfa mostrados en la tabla 3.1.

Valores			
0.10	0.20	0.30	0.40

**Tabla 3.1: Valores del alfa probados en la primera parte de la prueba**

Se determino que los mejores valores se dieron para 0.2 y 0.3. Se llego a un mayor nivel de precisión en este rango con el fin de determinar un valor adecuado para el *Alfa* . Los valores evaluados se muestran en la tabla 3.2.

Valores										
0.20	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30

**Tabla 3.2: Valores del alfa probados en la segunda parte de la prueba**

Con lo cual se determinó que las mejores soluciones se dieron entre 0.26 y 0.28, sin encontrar una diferencia significativa. De tal modo, se eligió entre estos valores de manera aleatoria al 0.28, que es el que se empleara para la aplicación.

#### D. Fase de Mejora

La fase de mejora toma la selección emitida en la fase de construcción y se evalúa con el valor del mejor horario seleccionado, almacenado en la variable  $Horario_{Mejor}$ . La comparación se hace a partir de la valorización de la función voraz de cada uno de los horarios. Se compara el valor del  $Horario_{Nuevo}$  con el  $Horario_{Mejor}$ . En caso tenga mejor valoración, será el nuevo mejor horario.

$$\text{Si } \text{Costo}(\text{Horario}_{\text{Nuevo}}) \leq \text{Costo}(\text{Horario}_{\text{Mejor}}) \text{ entonces}$$

$$\text{Horario}_{\text{Mejor}} = \text{Horario}_{\text{Nuevo}}$$

### 3.3. Especificación de Interfaz Gráfica

#### 3.3.1. Lineamientos Generales

La interfaz gráfica de usuario (Graphical User Interface - GUI) es el medio por el cual el usuario interactúa con el sistema. Los estándares definidos se aplicarán al presente proyecto y estarán sujetos a actualizaciones en caso que sean requeridas.

##### 3.3.1.1. Interactividad

El usuario no debe esperar mucho tiempo para que su transacción sea procesada, con lo cual se pueda optimizar la realización de los procesos.

##### 3.3.1.2. Adaptabilidad

Dejar alterar algunos aspectos visuales de la interfaz según las preferencias del usuario.

##### 3.3.1.3. Facilitar las tareas

La interfaz debe facilitar al usuario su trabajo en vez de centrar la atención del usuario en tratar de entenderlo. La interfaz de usuario no debería interferir con el flujo de trabajo.

##### 3.3.1.4. Consistencia y sencillez

La interfaz del sistema debe ser visualmente, conceptualmente y lingüísticamente sencilla. Por ello se usarán elementos visuales para facilitar la comprensión, los cuales estarán relacionadas a analogías del mundo real. Toda la interfaz será

### 3.3.1.5. Eficiencia

Se busca que el sistema minimice el número de pasos, facilite la navegación, para llevar a cabo operación que el usuario desee realizar.

### 3.3.1.6. Manejo de errores

La interfaz debe solucionar posibles errores del usuario sin penalizar a los mismos. Se debe minimizar las oportunidades de error y manejarlos ágilmente. Un mensaje de error no supondrá la culpabilidad de un usuario. Deberá indicar el problema objetivo y ofrecer las posibles soluciones.

### 3.3.2. Diseño de Interfaz Gráfica de Usuario

Los aspectos a considerar para un correcto diseño se describen en el anexo I.

### 3.3.3. Contenido gráfico del sistema

En esta sección del documento se indicará la distribución de las pantallas, las recomendaciones tomadas en cuenta para su diseño y ejemplos del diseño de las pantallas conservando el mismo estándar de interfaz gráfica.

#### 3.3.3.1. Distribución de la Pantalla

En la figura 3.5 se muestra la pantalla de presentación del sistema TransCiudad.

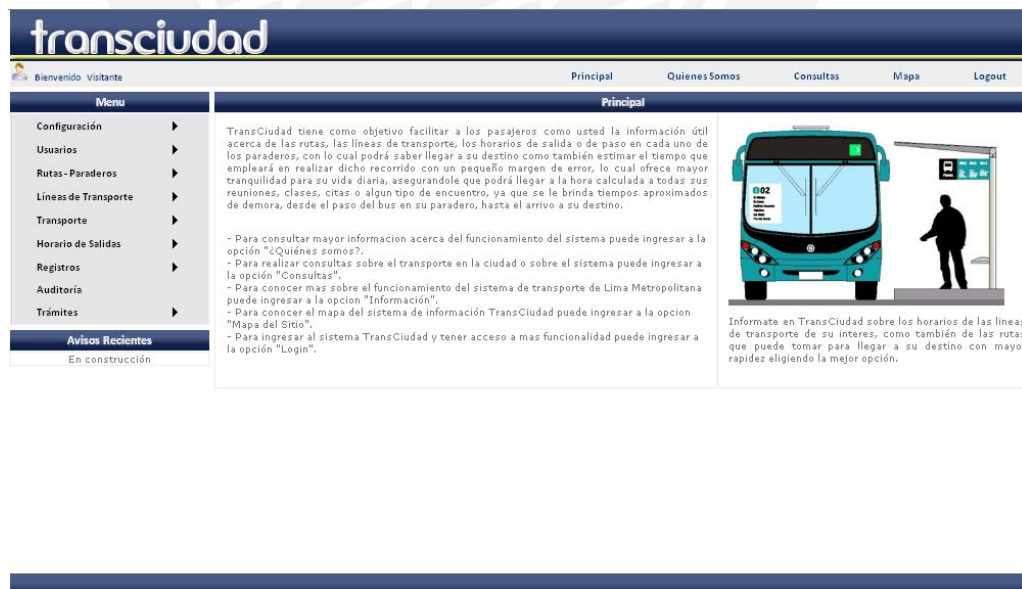


Figura 3.4: Pantalla Principal del Sistema

➤ Cabecera



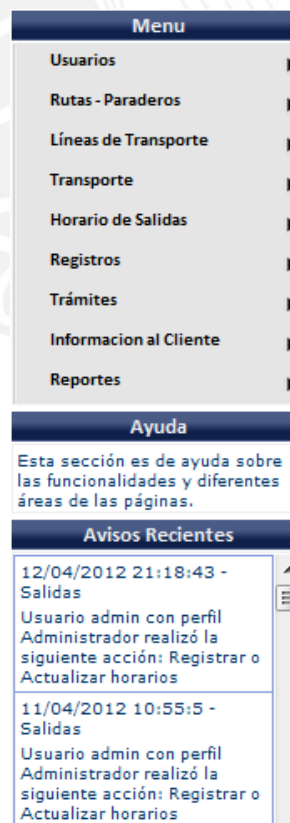
La cabecera contiene el logo del sistema, ubicado en la parte superior izquierda, el título hacia la derecha. Un submenú de accesos rápidos a pantallas importantes del sistema alineado en la parte inferior derecha de la cabecera y el nombre del usuario que está navegando en la parte inferior izquierda. La figura 3.6 muestra la distribución de la cabecera descrita.



**Figura 3.5: Cabecera de la pantalla**

➤ Área del Menú Principal

Esta sección se ubica inmediatamente después de la cabecera para el lado izquierdo de la pantalla. En él se ubica el menú principal, donde se lista las funcionalidades a las que podrá acceder el usuario según su perfil. Debajo del menú se ubica la sección de Ayuda, donde se muestra un texto referente a la pantalla para ayudar a interpretar la funcionalidad que se está mostrando en la pantalla cargada. Al final del área del menú, esta la sección de Avisos Recientes, donde se muestra las últimas actividades registradas en la aplicación, estas son filtradas a partir de los perfiles de la aplicación. La figura 3.7 muestra el área del menú principal descrito.



**Figura 3.6: Área del Menú de la pantalla**

- **Cuerpo de la Pantalla**  
Esta sección se ubica en la derecha de la pantalla, a continuación del menú y debajo de la cabecera. En ella se ubica el cuerpo de la pantalla, que es donde se ubicaran los formularios, los resultados de búsquedas, los resultados de procesos, los reportes, entre otras cosas.

### 3.3.3.2. Recomendaciones Generales Aplicadas

- Ser agradable a la vista del usuario.
- Mantener en lo posible una alineación tanto vertical como horizontal.
- Mantener balance entre los espacios de la ventana, evitar sobrecargar o dejar vacíos.
- Mostrar texto adecuado para los mensajes al usuario, precisos en cuanto a la funcionalidad involucrada y problema ocurrido. Para los problemas más complejos se permitirá la posibilidad de entrar más a detalle.
- Ofrecer la posibilidad de cancelar las operaciones realizadas mediante un mensaje de confirmación al final.
- Representar las funcionalidades por medio de iconos convenientes, esto es que se relacionen con la acción o actividad a realizarse por medio de ellos.

### 3.3.3.3. Otras Pantallas

Ver el anexo I para observar el estándar de las pantallas más representativas. Ver el anexo K para conocer la funcionalidad y el diseño de cada una de las pantallas.

## 3.4. Arquitectura de la Información

A continuación se detallara la estructura definida para los documentos que serán suministrados para la correcta funcionalidad del sistema.

### 3.4.1. Estándar de documentos para la carga de datos

- **Tráfico**  
La carga de tráfico se realiza por medio de un documento de Excel con un formato ya establecido. Los campos requeridos se indican en la tabla 3.24

Campo	Definición
Fecha	Fecha en la que se obtuvo el valor del tráfico
Día	Día de la semana
Hora	Hora en la que se obtuvo el valor del tráfico
Tramo	Tramo en el que se obtuvo el valor del tráfico

Tráfico	Valor del tráfico que se obtuvo
---------	---------------------------------

**Tabla 3.3: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva del tráfico**

A continuación un ejemplo del estándar a emplearse es listado en la tabla 3.25:

Fecha	Día	Hora	Tramo	Tráfico
21/04/2011	1	20:00	TRA0000001	150.23
22/04/2011	2	16:00	TRA0000001	45.21
23/04/2011	3	15:00	TRA0000001	67.23
24/04/2011	4	20:00	TRA0000001	87.43
25/04/2011	5	16:00	TRA0000001	78.54

**Tabla 3.4: Formato del archivo de Excel para la carga masiva del Tráfico**

El archivo con el presente formato que sea cargado, será renombrado y almacenado en una carpeta donde se encuentran todos los que ya han sido procesados. El nombre tendrá el formato indicado en la tabla 3.26:

Caracteres	Significado
Del 1 al 4	Año
Del 5 al 6	Mes
Del 7 al 8	Día
Del 9 al 10	Hora
Del 11 al 12	Minuto
Del 11 al 12	Segundo
Del 13 al 19	"_Tráfico"

**Tabla 3.5: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva del Tráfico**

Ejemplo:

20110626194406\_Trafico

➤ **Demanda**

La carga de las demandas se realiza por medio de un documento de Excel con un formato ya establecido. Los campos requeridos se indican en la tabla 3.27:

Campo	Definición
Fecha	Fecha en la que se obtuvo el valor de la demanda
Día	Día de la semana
Hora	Hora en la que se obtuvo el valor de la demanda
Paradero	Paradero en el que se obtuvo el valor de la demanda
Demanda	Valor de la demanda que se obtuvo

**Tabla 3.6: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda**

A continuación ejemplo del estándar a emplearse es listado en la tabla 3.28:

Fecha	Día	Hora	Paradero	Demanda
21/04/2011	6	20:00	PAR0000001	150.00
22/04/2011	7	16:00	PAR0000001	45.00
23/04/2011	1	15:00	PAR0000001	67.00
24/04/2011	2	20:00	PAR0000001	87.00
25/04/2011	3	16:00	PAR0000001	78.00

**Tabla 3.7: Formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda**

El archivo con el presente formato que sea cargado, será renombrado y almacenado en una carpeta donde se encuentran todos los que ya han sido procesados. El nombre tendrá el formato indicado en la tabla 3.29:

Caracteres	Significado
Del 1 al 4	Año
Del 5 al 6	Mes
Del 7 al 8	Día
Del 9 al 10	Hora
Del 11 al 12	Minuto
Del 11 al 12	Segundo
Del 13 al 19	"_Demanda"

**Tabla 3.8: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva de la demanda**

Ejemplo:

20110626194406\_Demanda

➤ Demora

La carga de las demoras se realiza por medio de un documento de Excel con un formato ya establecido. Los campos requeridos se indican en la tabla 3.30:

Campo	Definición
Fecha	Fecha en la que se obtuvo el valor de la demora
Día	Día de la semana
Hora	Hora en la que un bus de la línea paso por el tramo indicado
Tramo	Tramo en el que se obtuvo el tiempo de demora
Línea	Línea de transporte de la cual se obtuvo el tiempo de demora en el paradero
Placa	Placa del bus de la línea de la cual se registro la demora

Demora	Valor de la demanda que se obtuvo
--------	-----------------------------------

**Tabla 3.9: Descripción de los campos del formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demora**

A continuación ejemplo del estándar a emplearse es listado en la tabla 3.31:

Fecha	Día	Hora	Tramo	Línea	Placa	Demora
21/04/2011	6	20:00	TRA0000001	LINEA A001	AAA001	150.23
22/04/2011	7	16:00	TRA0000001	LINEA A001	AAA001	45.21
23/04/2011	1	15:00	TRA0000001	LINEA A001	AAA001	67.23
24/04/2011	2	20:00	TRA0000001	LINEA A001	AAA001	87.43
25/04/2011	3	16:00	TRA0000001	LINEA A001	AAA001	78.54

**Tabla 3.10: Formato del archivo de Excel para la carga masiva de la demora**

El archivo con el presente formato que sea cargado, será renombrado y almacenado en una carpeta donde se encuentran todos los que ya han sido procesados. El nombre tendrá el formato indicado en la tabla 3.32:

Caracteres	Significado
Del 1 al 4	Año
Del 5 al 6	Mes
Del 7 al 8	Día
Del 9 al 10	Hora
Del 11 al 12	Minuto
Del 11 al 12	Segundo
Del 13 al 19	"_Demora"

**Tabla 3.11: Formato del nombre del archivo de Excel para la carga masiva de la demora**

Ejemplo:

20110626194406\_Demora





## CAPÍTULO 4. CONSTRUCCIÓN Y PRUEBAS

A continuación se mencionara las consideraciones tomadas para la construcción y para las pruebas del sistema implementado.

### 4.1. Construcción

El sistema TransCiudad está desarrollado utilizando tecnología web, está formada por tres capas de trabajo, esto es para separar los diversos tipos de procesos que se realizaran.

#### 4.1.1. Tecnología

Se selecciono esta tecnología web porque era la más adecuada para los objetivos del sistema. Entre ellos se encuentran los siguientes:

- **Accesibilidad:**  
El sistema puede ser accedido desde cualquier punto de la ciudad, lo cual no requiere de terminales fijas. Cualquier usuario desde su propia casa podría acceder a ella, sin importar la distancia.
- **Disponibilidad:**  
Acceso al sistema en cualquier momento del día.

A pesar de que la información está expuesta, se cuenta con medidas de seguridad que hacen que esté preparada para cualquier ataque en caso se dé.

#### 4.1.2. Capas de trabajo

Se desarrollo en tres capas de trabajo, estas son las siguientes:

- Capa de Presentación.
- Capa de Negocio
- Capa de Datos

Adicionalmente se tiene una capa transversal denominada Capa de Utilitarios, está conformada de métodos y funciones genéricas de ayuda. En la figura 4.1 se muestra la estructura de las capas de trabajo.

El objetivo de emplear capas de trabajo es para organizar mejor los procesos, con lo que se facilita la implementación. Las razones por la que se facilita son las siguientes:

- **Reusabilidad:**

Permite reusar los métodos entre capas, solo es necesario saber cuál es la entrada y la salida de datos de cada uno, con lo que ya se podría usar en todos los lugares en los que se desee.

➤ **Abstracción:**

Permite tomar plasmar las actividades de las entidades en tres capas, para permitir la reutilización de procesos comunes en las capas de más bajo nivel. Y en la capa superior solo se recurre a las clases de la capa anterior por funcionalidad, y así hasta llegar a la capa de interfaz de usuario.

➤ **Encapsulamiento:**

Permite desconocer cómo se desarrolla cada entidad, ya que solo se llama a los métodos de la clase, internamente ya esta implementado la funcionalidad en cada uno de ellos, pero ya no importa en los niveles superiores. Esto permite distribuir la carga de programación y hacerlo más ordenado para las implementaciones de las ultimas capas.

#### **4.1.2.1. Capa de Presentación**

Contiene todo lo referido a la interfaz grafica. Esta accederá a la capa de negocios solamente, no tendrá accesos a la capa de datos ni a la base de datos. Se mostrará los datos procesados en la capa de negocios. En esta se define el diseño de la presentación.

Funciones:

- Definición del diseño de la presentación.
- Obtener los datos del usuario, los cuales serán pasados a la capa de negocios.
- Mostrar los datos procesados de la capa de negocios.

#### **4.1.2.2. Capa de Negocio**

Contiene las clases que se encargaran de manipular y modelar los datos entregados por la capa de datos, con el fin de luego pasarlos a la capa de interfaz. Las clases de esta capa contaran con atributos y métodos relacionados con la funcionalidad directamente de la entidad.

Funciones:

- Procesar los datos obtenidos desde la capa de datos para pasarlos a la capa de interfaz.
- Modelar los datos recibidos desde la capa de interfaz para pasarlos a la capa de datos.

- Representan las funciones que podrán realizarse desde la capa de interfaz grafica del usuario.

#### 4.1.2.3. Capa de Datos

Contiene las clases en las que se realizarán las operaciones directamente con la base de datos. Estas operaciones son de extracción o de actualización. Esta capa es el intermediario entre la capa de negocio y la base de datos.

Funciones:

- Recibir de la capa de negocios los datos listos para que este los inserte o actualice en la base de datos.
- Entregar los datos obtenidos de la base de datos a la capa de negocios.

#### 4.1.2.4. Capa de Utilitarios

Contiene las clases donde se encuentran clasificadas las librerías de ayuda. Existen librerías para diferentes tipos de funciones y métodos.

Funciones:

- Administración de los mensajes que se muestran en la aplicación.
- Administración de las constantes definidas para la aplicación.
- Métodos y funciones para las conversiones de datos en diferentes tipos de datos.
- Métodos y funciones para el formateo de datos.

#### 4.1.3. Entorno de Desarrollo Integrado

Se empleara para la programación el entorno de desarrollo integrado Microsoft Visual Studio .NET 2010. Los motivos de su elección entre los diferentes entornos se debió a los siguientes factores [26].

- Entorno orientado a objetos, de la manera como se planteo inicialmente el proyecto.
- Facilidad para la depuración y optimización del código en el proyecto por medio de ejecución de pruebas y detección de errores eficientes.
- Prestigio de la empresa proveedora (Microsoft), tanto por los logros alcanzados como por el tiempo en el mercado manteniéndose entre los líderes mundiales de programas.
- Permite crear soluciones multiplataforma, tanto de proyectos con el Framework 2.0, como 3.0 y 3.5.

- La biblioteca ASP.NET AJAX está incluido en la versión 2010, permite desarrollar webs más eficientes.
- Brinda la libertad de la selección de lenguajes de programación, ya que su compilador permite integrar ensamblados desarrollados en diferentes lenguajes.
- Permite generar módulos en diferentes lenguajes de programación, por lo que ahora se puede implementar el proyecto en C#, pero a futuro podría integrarse un modulo mas en Visual Basic.
- Facilidad para las fases de desarrollo y pruebas en el entorno web, ya que genera un servidor virtual al ejecutarlo, con lo que se puede visualizar el proyecto sin necesidad de configurar el IIS de Windows (Internet Information Services).
- Capacidad de trabajar en una solución con diferentes proyectos.
- Brinda facilidades en la programación por medio de autocompletado, sugerencias y alternativas de código en las diferentes secciones de las clases.
- Gran cantidad y variedad de soluciones proporcionadas por colaboradores, medios (básicamente internet) y/o consultores, por existir en el mercado gran cantidad de expertos por el uso de esta herramienta en muchas empresas alrededor del mundo.
- Cuenta con herramientas útiles. Por tratarse de una plataforma conocida, existen muchas extensiones, componentes y/o herramientas con las que interactúa, tanto implementadas por terceros como por la misma Microsoft. A continuación se menciona dos de las principales funcionalidades que se emplean en el mercado, por ser de vital importancia para el desarrollo de sistemas:
  - Para el desarrollo en equipos se puede contar con un controlador de versiones, se puede emplear cualquier versión existente, tanto las versiones gratuitas como las que tienen licencia. El que se emplea normalmente es el Team Foundation, ya que es una herramienta adhoc para Microsoft .NET de la misma proveedora.
  - Para la optimización de código, se puede contar con herramientas que sugieran correcciones, con el fin de cumplir con las buenas prácticas recomendadas o para evitar redundancias, para esto se tiene el Resharper, que es una extensión del Microsoft .NET.

#### 4.1.4. Administrador de Base de Datos

Se empleara como administrador de base de datos al Microsoft SQL Server 2008.



- Mayor interactividad entre herramientas de la misma proveedora, lo cual hará más simple la comunicación entre el entorno de programación y la base de datos.
- Escalabilidad, estabilidad y seguridad para las base de datos, ya que brinda el mismo administrador facilidades para ello por medio de diversas opciones.
- Entorno gráfico para la administración de la base de datos entendible y fácil de usar.
- Posibilidad de encontrar soporte y ayuda fácilmente, por la popularidad en el mercado.

#### 4.1.5. Conexión a la Base de Datos

Se emplea para la conexión de la base de datos una cadena de conexión encripta, la cual se accede y se realiza transacciones por medio de procedimientos almacenados únicamente. Los motivos de esta elección son los siguientes [26 y 27].

- Facilidad para la conexión de los datos de la base de datos. Se realiza por medio de un usuario con accesos y privilegios a la base de datos.
- El lenguaje SQL es fácil de usar e intuitivo, no hay problemas para el aprendizaje.
- Se encapsula las transacciones a la base de datos por medio de los procedimientos almacenados, para separar el código de la aplicación con el código de la base de datos. El problema de embeberlos en la misma aplicación es que la sentencia SQL no se precompila, lo cual podría generar más dificultad al tratar de encontrar los errores. En el caso de los procedimientos almacenados se permite precompilar y validar la correcta funcionalidad y/o correcta devolución de los datos.

#### 4.1.6. Lenguaje y Estándares de Programación

Se empleara el lenguaje de programación CSharp por los siguientes motivos [26].

- Facilidad para el desarrollo por medio de código simple, ordenado y corto, en comparación con otros lenguajes.
- Facilidad para la creación de comentarios.

Se emplearán estándares de programación basados en Visual Basic Coding Convention, .NET Framework Design Guidelines [26]. Los estándares están

especificados en el documento anexo de la especificación de los estándares de programación. Esto se construyo con los siguientes fines.

- Facilitan la actualización o corrección de código sin necesidad de recurrir al autor inicial.
- Los estándares de programación facilitan las pruebas y auditoria de sistemas. Aumenta la facilidad de lectura.
- Mantener estándares de desarrollo fáciles de entender y aplicar. Esto implica que los estándares no difieran de lo común.

El estándar desarrollado e implementado se oriento a las herramientas a usar, el lenguaje de programación Visual Basic, el entorno de programación integrado Microsoft Visual Studio 2010 y tecnología Web. Este está detallado en el anexo.

#### 4.1.7. Tareas Automáticas Programadas

El sistema TransCiudad tiene programada una tarea automática con el fin de conservar la integridad de ciertos datos que requieren ser actualizados todos los días, para que pueda funcionar correctamente durante cada jornada. Se aprovecha la hora en el que el sistema de transporte esta fuera de servicio o con baja afluencia, la misma que puede ser modificada pero que está por defecto a las 00:30 a.m. de la madrugada. Este ha sido implementado en un Job del SQL Server 2008, por medio del SQL Server Agent,

Este Job tiene el nombre de “TransciudadUpdate”, está conformado de 3 partes, estas son:

- Actualizar horarios: con este primer paso se actualiza los horarios que están en estado “Habilitado” y “Vigente”. Según la fecha de vigencia el estado cambia, los horarios en estado “Habilitado” pasan a estado “Vigente”. Para el caso de los horarios que ya estaban en este estado y que a demás tienen otro horario (de la misma línea) que pasarían al mismo estado (según la fecha de vigencia), el que ya estaba en estado “Vigente” pasa ha estado “Antiguo”, y el nuevo a “Vigente”.
- Actualizar Medios: con este paso se actualiza los medios, con el fin de mantener la información sincronizada. Como por ejemplo el numero de medios activos, el numero de medios por flota, el numero de medios por línea.
- Generar horarios teóricos: con este paso se actualiza los horarios que se tendrán que cumplir para la jornada del día que empieza. Se toma en cuenta todos los horarios vigentes. Se genera en una tabla todos los horarios de paso de todos los medios que saldrán por cada uno de los paraderos.

## **4.2. Pruebas**

### **4.2.1. Alcance**

El proyecto de pruebas cubrirá las técnicas de pruebas funcionales, es decir de manera individual, y luego con flujos existentes en la línea de negocio, para probar las interacciones de estas. Lo que se trata de probar es que las variables tomen los valores adecuados y en caos no lo sean, el sistema pueda alertar dichas situaciones.

### **4.2.2. Requerimientos de prueba**

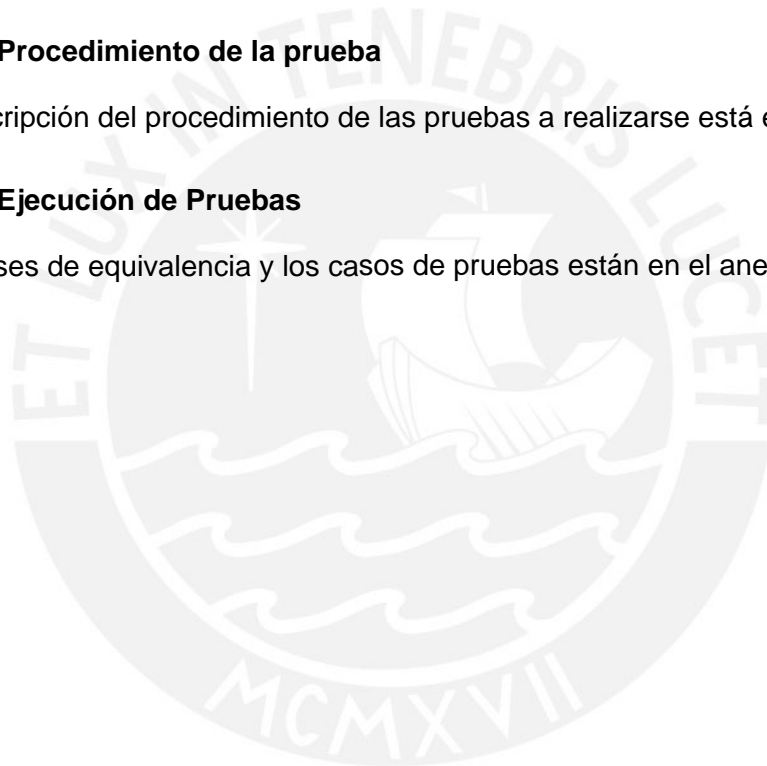
Los requerimientos de prueba están en el anexo J.

### **4.2.3. Procedimiento de la prueba**

La descripción del procedimiento de las pruebas a realizarse está en el anexo J.

### **4.2.4. Ejecución de Pruebas**

Las clases de equivalencia y los casos de pruebas están en el anexo J.



## CAPÍTULO 5. OBSERVACIONES, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Observaciones

El sistema TransCiudad descrito en el documento tiene algunas observaciones en distintos puntos, los cuales se describirán a continuación.

#### 5.1.1. Administración de Datos del Sistema

Este sistema de información brinda una alternativa de administrar todo lo referente al sistema de transporte de manera ordenada, con lo que pueda ser más fácil la obtención de información para la toma de decisiones a nivel administrativo como a nivel de los clientes.

No propone una solución a la estructura jerárquica, es independiente de ella. El sistema está orientado básicamente para tres perfiles que tendrán funciones administrativas, como lo son el administrador de la seguridad, el administrador operacional y la empresa de transporte. Son los encargados de la administración de la información dentro del sistema, estos cargos en la realidad pueden ser asumidos por representantes de las distintas instituciones que interactuarán con el sistema. En caso del administrador operacional puede ser uno o muchos representantes de la municipalidad de Lima o de la Gerencia de Transporte. En el caso de las empresas de transporte, solo tendrán un usuario asignado en el sistema, el que puede ser administrado internamente por varios representantes. En casos excepcionales se puede brindar usuarios de perfiles especiales, con permisos limitados con los que puedan realizar actividades puntuales y justificadas. Para ello existe la creación de perfiles y usuarios, opciones a los que solo puede acceder los usuarios con el rol de administrador de seguridad, que es recomendable que sea uno solo. Los perfiles iniciales que ya existen no se pueden editar ni eliminar. Los usuarios se pueden agrupar, esto permite que se creen horarios definidos para cada grupo en el que se les permite ingresar a la aplicación.

En el sistema de transporte existen una numerosa cantidad de trámites que se deben de realizar para el correcto funcionamiento de una empresa dedicada al transporte público, se puede mencionar por ejemplo, el registro de rutas, el registro de líneas, el establecimiento de las empresas de transporte, la autorización y renovación de los operadores (conductores y choferes), la inscripción de vehículos, autorización de los horarios de salida de cada vehículo, etc. Cada uno de los trámites demanda una serie de actividades a cumplir, estas no están contempladas en el sistema, como ya se mencionó, TransCiudad se orienta a la administración de horarios y rutas, más que a la gestión de los procedimientos burocráticos. Como para llevar

En caso de los usuarios representantes de las empresas de transporte deben de administrar los medios y líneas que tienen registrados en el sistema de transporte luego de haber llevado a cabo los procedimientos establecidos. Adicionalmente, el sistema permite agruparlos por flotas, esto se hace con el fin de poder usar un grupo determinado de medios para brindar servicios en los distintos días para cada rango de hora. En caso se vea como innecesario, se puede usar una sola flota para agrupar a todos los medios de una línea. El sistema también permite la proposición de horarios que deberá de ser aprobada por los responsables dentro de la gerencia de transporte que deberán de verificar la viabilidad. El procedimiento debe de verse plasmado en el sistema por medio del cambio de estado del horario.

Los usuarios clientes podrán recibir información por correo de las novedades e informes semanales de los horarios de partida de los medios. A futuro se podría dar mayor valor agregado a los usuarios registrados. La diferencia actualmente con el usuario no registrado es que no puede recibir información al correo, ya que para el sistema, el usuario es anónimo. El fin no es que se obligue al usuario que se registre, si no que tenga conocimiento de que si lo hace, podrá contar con mayores facilidades, ya que la información la tendrá disponible siempre, pero es más fácil tenerla simplemente en el correo, ya que es un medio de comunicación general al cual se consulta con mayor frecuencia durante el día por diferentes motivos, sin la necesidad de que tenga que ir a la página de la aplicación misma.

### **5.1.2. Horarios Establecidos**

El sistema de transporte tendrá para cada línea, horarios de partida que serán propuestos por las empresas de transporte y aceptados por el administrador. La opción existente de pedir sugerencia de horarios a partir de la información almacenada en el sistema, solo propone posibles horarios tanto a las empresas de transporte y a como a los administradores operacionales. Para el caso de las empresas de transporte les puede servir como para tener la plantilla base sobre la cual le hacen los ajustes convenientes para establecerlo como propuesta oficial de horario. La aceptación de dicha propuesta dependerá de la viabilidad, donde se



toma en cuenta el tráfico y la demanda.

Los horarios de paso por cada paradero serán calculados automáticamente a partir de los tiempos de demora ingresados, los cuales son evaluados estadísticamente con las demoras reales que se tienen registradas por tramo y rango de hora del día en una pantalla dentro de la aplicación. Los tiempos de demora por tramo se adicionan al horario de partida hasta cumplir con toda la ruta. De ese modo se tiene las horas de paso por cada paradero.

Los tiempos de demora son actualizados por los administradores de operaciones. Estos valores tendrán un margen de aceptación hasta ciertos límites permitidos, en caso pasen este margen quedará a libre decisión del administrador el actualizarlo, pero la aplicación cumplirá con la notificación adecuada, y deja en manos de las autoridades si es que se debe modificar el tiempo de demora, claro está que de esto depende la exactitud del horario, y por ende, la satisfacción de los pasajeros. Estos márgenes de aceptación son configurados en el sistema. El criterio empleado para determinar si es que se están sobrepasando estos márgenes son estadísticos, por medio de pruebas de hipótesis. Los tiempos de demora que se ingresen serán contrastados con los registrados el último mes. Siempre el sistema propondrá registrar un tiempo de demora establecido como promedio a partir de los valores obtenidos el último mes, pero con el fin de dejar a criterio del usuario administrador, se deja como simple propuesta.

Se modificará el tiempo de demora cuando se desee. Para cualquier eventualidad, el sistema permite que se alerte las advertencias y peligros con el fin de que no se descuide los valores que se han registrado, para reaccionar con tiempo y evitar inconvenientes futuros gestionando los cambios a tiempo y tener proyecciones fidedignas.

### **5.1.3. Rutas Establecidas**

Para el caso de rutas, el sistema solo maneja rutas ya establecidas, ya registradas luego de los procesos que se deben de realizar. El proceso seguido en el sistema se simplifica al registro de una ruta, que antes de figurar aquí, se supone que ya fue aceptada y ya está lista para la licitación. Esto se plasma en la aplicación colocando la ruta en el estado de licitación.

Durante este tiempo, las empresas de transporte que deseen podrán registrar su intención de participar en la licitación. El proceso original es más complejo, pero este solo se representará como un simple registro de la participación. Finalmente, cuando ya hay un ganador, el usuario administrador cambiara de estado a la ruta a

asignada, y tendrá que seleccionar a una de las empresas que aparecen como opciones, que son todas las empresas que registraron su participación y tuvieron aprobada su solicitud.

#### **5.1.4. Información para los Pasajeros**

Tanto los usuarios registrados como no registrados podrán acceder a la información del sistema de transporte, tendrán acceso a los reportes definidos anteriormente. Esta información estará disponible durante las 24 horas del día.

Para el caso de los usuarios registrados, podrán recibir notificaciones al correo electrónico sobre las actualizaciones del sistema de transporte en Lima metropolitana. Esto incluye información referente a las nuevas o a las actualizaciones de rutas, horarios de partida y de pase por los paraderos, la adquisición de flotas por parte de las líneas de transporte y respuestas a mensajes de consultas y dudas.

#### **5.2. Conclusiones**

El sistema de información propuesto para implementarse en el sistema de transporte de Lima metropolitana no supone solucionar los problemas que se presentan en la actualidad a nivel organizacional. La anarquía y el desorden generalizado (en lo administrativo, operativo y de control), deben ser solucionados por las autoridades correspondientes, las cuales deberán de hacer de este servicio público, un buen servicio de provecho para todos, con mayor grado de satisfacción. En la actualidad se esta trabajando con mayor énfasis en ello, ya que es vital y necesario para el crecimiento sostenido de la ciudad.

La presente solución tecnológica asume el cumplimiento de la reglamentación existente referida al tránsito vial. Si bien actualmente no se da de manera estricta, ese es un objetivo pendiente que se debe cumplir. Un ejemplo de que se puede llevar a cabo una mejor organización de las vías y de los paraderos con el fin de un correcto uso del sistema de transporte público, es el Metropolitano (inaugurado el 2010), el Metro de Lima (tren eléctrico, inaugurado el presente año), las reformas implantadas en las ordenanzas municipales, el Plan Regulador de Rutas, entre otras. Si bien es cierto se han implementado servicios importante para la población y hay iniciativas para mejorar el sistema de transporte público, el centralizar la información usando tecnologías de información, coopera a magnificar los logros que se obtengan en el área, haciendo más productiva la información que se pueda conseguir, con el fin de contribuir a las decisiones que se deban de tomar, y así

corregir y disminuir las deficiencias y maximizar las virtudes, ya que todo gira en torno al conocimiento, con el se puede tomar las mejores decisiones, y con la información concentrada en un solo lugar, será más fácil y explotable el conocer el estado actual del transporte para saber desde que flancos se debe empezar a atacar.

Con respecto a los tiempos de demora establecidos por tramo según el día y el rango de horas, es necesario que exista el compromiso por parte de las líneas de transporte en cumplir con tales, ya que si bien, los tiempos de demora son aproximaciones, cada tiempo de demora real no debería de diferir demasiado. Es necesario que el conductor del bus deba de hacer lo posible para que se cumpla con el designado. Esto implica como se indico en el punto anterior, que las empresas estén dispuestas a cumplir con el reglamento. Esto también llama a cambiar la manera como se administran las empresas de transporte, ya que muchas veces los conductores y cobradores de las líneas dependen de la ganancia obtenida en el día (lo cual hace que todo sea más desordenado, compiten por cada pasajero en cada esquina, van más lento para captar más pasajeros, van más rápido por tramos para ganarle la carrera al oponente). Por el ejemplo, en el caso del Metropolitano, los conductores cumplen con detenerse únicamente en los paraderos establecidos, con lo cual, hace predecible el tiempo de demora en toda la ruta. Si bien, los inconvenientes que se pueden presentar de manera fortuita no son esperados, la tendencia debe de ser la misma. Y esto se da ya que el cobro de pasajes es electrónico y además el sueldo de los conductores es fijo, y no depende de las ganancias que se obtengan.

Las medidas a tomar para obligar al cumplimiento de los horarios, estarán a cargo de las autoridades respectivas. Estará a cargo también los ajustes necesarios en los tiempos de demora, ya que el sistema alertara con mensajes de advertencia y de peligro, pero no cambiará automáticamente los tiempos de demora establecidos para cada tramo, estos deben ser cambiados manualmente. El sistema solo recomendará tiempos estimados a partir de los horarios registrados de días anteriores.

Con el presente sistema de información Web, solo se plantea administrar óptimamente los datos de las rutas y de los horarios, con el fin de poder unificarla y utilizarla para mejorar el servicio del sistema de transporte en Lima Metropolitana, pero no se busca implementar infraestructura, o un sistema integral de transporte tal como es el caso del Metropolitano. El fin de administrar información, es permitir facilitar la organización, tanto para los administradores como para los usuarios. La

parte de la gestión de los procesos no están velados en el sistema, ya que no está involucrado en lo que se quiere demostrar. El sistema está orientado para brindar información objetiva a los clientes, para que puedan informarse con datos correctos, para facilitar el transporte, y va de la mano con la administración ordenada y centralizada.

Los valores de medidas que se asumirán, y presuponen que son de fuentes confiable, son las tres siguientes: la demanda, el tráfico y los horarios cumplidos (de los cuales se determina los tiempos de demora). El horario se genera a partir de estos datos, a los cuales se les suma algunos otros parámetros suministrados en el sistema (flotas, rutas, entre otros).

En la opción que brinda el sistema para generar un horario de una línea de transporte se ha implementado un algoritmo GRASP. Este fue elegido para emplearse ya que era el más adecuado para este caso, ya que se necesitaba un algoritmo que permita obtener soluciones bajo determinadas características, con la dificultad de que es un caso no determinístico, es decir, no solo se puede encontrar una única mejor solución. Lo que permite este algoritmo es iterar una cantidad considerable de veces para seleccionar la mejor posible entre ellas, con un nivel de relajación suficiente como para tener una variedad de soluciones considerables, la cual puede ser diferente si se ejecuta el algoritmo nuevamente, pero este garantiza de que la solución de igual modo cumplirá con el objetivo, optimizar el proceso de la generación de horarios.

Además de estas características positivas de este algoritmo y de ser más ligero en comparación que otros más complejos (en este caso podrían ser contraproducente por la cantidad de datos que podrán llegar a manipular en cada iteración, lo cual podrían hacer muy lento este proceso o necesitar un hardware más sofisticado, para lo cual se debería de evaluar los costos y beneficios).

Otra característica a tomar en cuenta es que existe semejanza con otras implementaciones. Por ejemplo casos como de distribución de carga o asignación de tareas, ya que en realidad el uso que se le busco para este sistema es una variación de estos, se distribuye buses a partir de la necesidad de abastecer la demanda (distribución de tareas o asignación de carga a partir de una capacidad) pero con ciertas limitaciones de tráfico, del uso de buses, entre otros factores (análisis de costo beneficio a partir del desperdicio en los medios de carga y/o la asignación de tareas equitativa entre todos los empleados). Por tal motivo estas permitieron dar una noción para la elaboración tanto del algoritmo como de la

función voraz.

### 5.3. Recomendaciones y Trabajos Futuros

El sistema de transporte podrá estar más organizado por medio del sistema de información. Pero para mayor eficiencia del mismo es necesaria la administración centralizada de los datos que se manejan en todo este ambiente. En el caso de información de mediciones de demanda, tráfico, horas de paso de los buses en los distintos paraderos, entre otros, cuanto más exacto y mayor sea la cantidad, el sistema podrá realizar estimaciones y cálculos más exactos.

En la definición del proyecto se menciona que no es necesaria la adquisición de dispositivos tecnológicos. Si bien es cierto, el contar con ellos podría facilitar en muchas actividades, sobretodo en la obtención de datos. Lo cual evitaría procesos manuales, que en muchas oportunidades podrían resultar largos e inexactos.

En los otros países como Chile y Colombia se implemento dispositivos para facilitar la toma de datos, la cual se hace de manera rápida, automática y exacta. Si bien los dispositivos son costosos, el beneficio es alto, a largo plazo puede ahorrar costos generados a los pasajeros y a las empresas en tiempo y dinero. Los datos en los que se puede priorizar el uso de los dispositivos son el tráfico, la demanda y los tiempos de demora por cada tramo. Ya que sin ellos puede resultar más difícil su obtención, es decir requerir más mano de obra y es probable que se tenga mayor inexactitud en la toma de los datos.

La implementación del software TransCiudad puede considerarse como un punto inicial para la organización del sistema de transporte, el cual puede mejorar con la implementación de dispositivos tecnológicos, mejor infraestructura vial, mejor estado de las pistas, ampliaciones, entre otros puntos, los cuales pueden ser soportados por el software.

El sistema de información inicialmente se enfoca en la administración de rutas y horarios, dentro del alcance no está la optimización de las rutas, para que evalúe posibles nuevas rutas a partir de las necesidades del cliente, es decir, a partir de la demanda. Lo cual podría ser muy útil para la fase de creación de rutas. Esto podría ser implementado, ya que en el software actual, ya se cuenta con las demandas por cada paradero y trafico en los tramos.

En el aspecto de la gestión de los procesos burocráticos, tampoco está contemplado en el sistema, podría ser un deseable administrar de manera más automatizada los procesos involucrados en el transporte metropolitano, con el fin de



mantener aun mas centralizada esa información y no solo brindar reportes o estadísticas sobre las rutas, horarios, líneas y medios, si no también contemplar los aspectos legales como entidades a servicio del público, como por ejemplo nivel de cumplimiento (porcentaje de tramites cumplidas a tiempo), legalidad del servicio (medios no registrados encontrados en pleno servicio, licencias vencidas de conductores, etc.)

Indiferente de la situación que se pueda dar, en caso el código necesite ser editado para agregarle funcionalidades o módulos, todo el sistema TransCiudad está documentado y estandarizado. Estos, al igual que el proyecto están a disposición para la adición de código.

Con respecto a la generación de horarios por medio de un algoritmo GRASP que forma parte del mundo de la inteligencia artificial, es posible que se mejore los distintos procedimientos desarrollados en tal, como la función voraz, la cantidad de iteraciones, el valor de la variable de relajación (alfa), los cuales se pueden ir afinando por medio del uso. Incluso, como propuesta se puede mejorar a otra familia de algoritmos meta heurísticos, como lo son los genéticos, los cuales pueden resultar ser más efectivos, pero a su vez más costosos de procesar, sobre todo por la cantidad de datos y la complejidad que le atribuiría. Pero podrían resultar ser más eficientes e incluso añadir más factores a tomar en cuenta para la generación de horarios.

Con el fin de generar reportes especializados se podría emplear programas de inteligencia de negocios para explotar toda la información almacenada de las demandas, del tráfico, de los estudios de las rutas más solicitadas, entre otras posibles estadísticas ya que los datos que se manejaran en este sistema de información son amplios y estarían centralizados, lo cual facilitaría para la generación de distintos reportes. En este modulo ha implementarse, se podría crear datamarts orientados a los puntos más fuertes y ricos de información, generar cubos y visualizar reportes especializados y con mayor nivel de granularidad por medio de los servicios del Microsoft SQL Server 2008, el Integration Services, el Analysis Services y el Reporting Services.

Con respecto a la difusión, si bien el sistema permitirá una mejor administración, el usuario podrá contar con información importante para su movilización, pero solo podrá hacerlo si es que se emplea correctamente esta misma. La estrategia para difundir a los pasajeros sobre la información de los horarios, las rutas, los tiempos de demora, entre otras cosas de vital importancia para ellos, no solo deben de estar

presentados en la Web. Como en otros sistemas de transporte integral realizan, estos debería de estar en carteles en los distintos paraderos de la ciudad, publicitar la existencia de la Web para que la visiten, contar con computadoras en los paraderos principales para tener acceso a la información que necesiten, colocar en medios locales información relevante del sistema Web. Si bien la información estará disponible, la población debe saber que existe y que está a disposición.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] Oficina de Tecnología de la Información del MTC, “MTC - Ministerio de Transportes y Comunicaciones”, Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Perú 2008, disponible [www.mtc.gob.pe/](http://www.mtc.gob.pe/).

[2] Real Academia Española, “Diccionario de la lengua española”, 22da edición. España 2008, disponible [www.rae.es/rae.html](http://www.rae.es/rae.html).

[3] TECNESOFT, “TransMilenio S.A.”, TransMilenio S.A. Colombia 1999, disponible [www.transmilenio.gov.co/WebSite/Default.aspx](http://www.transmilenio.gov.co/WebSite/Default.aspx).

[4] Gobierno de Chile - Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, “Transantiago Informa”, TranSantiago S.A. Chile 2008, disponible [www.transantiagoinforma.cl/](http://www.transantiagoinforma.cl/).

[5] Municipalidad de Lima - Gerencia de Transporte Urbano, “GTU 2006”, Gerencia de Transporte Urbano. Perú 2006, disponible <http://www.gtu.munlima.gob.pe/>.

[6] Project Management Institute, “Guía de los Fundamentos de la Dirección de

- Proyectos - Guía del PMBOK”, 4ta edición. Project Management Institute, USA 2004.
- [7] T. Pender, “UML Bible”, 1ra edición. Wiley, USA 2003.
- [8] W. Hesse, “RUP: a process model for working with UML” 1ra edición. IGI Publishing, USA 2001.
- [9] Municipalidad de Lima, “Municipalidad de Lima”, Municipalidad de Lima. Perú 2009, disponible <http://www.munlima.gob.pe>.
- [10] W. Mendenhall, “Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias”, 4ta edición. Pearson Educación, Naucalpan de Juárez, México 1997.
- [11] M. Triola, “Probabilidad y estadística”, 9na edición. Pearson Educación, Naucalpan de Juárez, México 2004.
- [12] Instituto Tecnológico de Chihuahua II, “Hipótesis Estadística”, Instituto Tecnológico de Chihuahua II. México 2009, disponible <http://www.itchihuahuaii.edu.mx/academico/CB/MEG/documentos/3.1.htm>
- [13] M. Tupia, “A GRASP algorithm to solve the problem of dependent tasks scheduling in different machines”, IFIP International Federation for Information Processing, vol. 217, pp. 325-334.
- [14] P. Festa y M.G.V. Resende, “GRASP: basic components and enhancements”, Telecommunication Systems, vol.46, no. 3, pp. 253-271, Mar. 2011.
- [15] T. A. Feo y M.G.V. Resende, “Greedy Randomized Adaptive Search Procedures”, Journal of Global Optimization, vol. 6, pp. 109-133, Mar. 1995.
- [16] Discount Asp.Net, “Discount Asp.Net - Hosting for .NET Developers”, DiscountASP.NET, 2003 - 2012, disponible <http://www.discountasp.net>.
- [17] Microsoft, “Welcome to Microsoft”, Microsoft Corporation, 2012, disponible <http://www.microsoft.com>.
- [18] SEEKDOTNET, “SEEKDOTNET Asp.Net WebHosting Company”, SeekDotNet.com, 1996 - 2012, disponible <http://www.seekdotnet.com>.
- [19] M6.NET, “M6.NET, Expert Windows hosting since 1997”, M6.net, 1997 - 2012, disponible <http://www.m6.net/vb.net-hosting.aspx>.
- [20] Go Daddy.com, “Go Daddy.com, domains, websites and everything in between!”, Go Daddy Operating Company, 1999 - 2012, disponible <http://www.godaddy.com>.

- [21] Almacén Informático, “Almacén Informático.com”, Almacén Informático.com, 2003 - 2012, disponible <http://www.almacen-informatico.com>.
- [22] Compured, “Compured”, COMPURED.SAC, 2012, disponible <http://www.compuredsac.com/portada.html>.
- [23] ActiveNet S.A.C., “ActiveNet S.A.C., experiência y responsabilidad a su servicio”, Koane.com, 2012, disponible <http://www.activenetsac.com>.
- [24] Amazon, “Amazon”, Amazon.com, 1996 - 2012, disponible <http://www.amazon.com>.
- [25] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “INEI, Instituto Nacional de Estadística e Informática”, Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2012, disponible <http://www.inei.gob.pe>.
- [26] T. Northrup y M. Snell, “Web Applications Development with Microsoft .NET Framework 4”, 1ra edición. Microsoft Press, USA 2010.
- [27] T. Thernstrom y A. Weber, “Microsoft SQL Server 2008 - Database Development”, 1ra edición. Microsoft Press, USA 2008.
- [28] Instituto Nacional de Estadística e Informática, “Instituto Nacional de Estadística e Informática”, INEI, 2012, disponible <http://www.inei.gob.pe/>.
- [29] Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima, “Protransporte, Instituto Metropolitano de Protransporte de Lima”, Protransporte, 2012, disponible <http://www.protransporte.gob.pe/index.html>.
- [30] R.M. Aiex, M.G.C. Resende, and C.C. Ribeiro. “Probability distribution of solution time in GRASP: An experimental investigation”. *J. of Heuristics*, 8:343–373, 2002.
- [31] J.L. Bresina. “Heuristic-biased stochastic sampling”. In *Proceedings of the Thirteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-96)*, pages 271–278, 1996.
- [32] I. Charon and O. Hudry. “The noising method: A new method for combinatorial optimization”. *Operations Research Letters*, 14:133–137, 1993.
- [33] P.M. Pardalos and M.G.C. Resende. “Handbook of Applied Optimization”. Oxford University Press, 2002.
- [34] S. Russell and P. Norvig. “Inteligencia artificial: un enfoque moderno”. Prentice-Hall Hispanoamericana, Mexico 1996.

