



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

“ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA PARA BRINDAR SERVICIOS
DE INFORMACIÓN DEL TIEMPO DE ARRIBO DE LOS BUSES,
DIRIGIDO A LOS USUARIOS DE LA METROVÍA EN GUAYAQUIL,
PROVINCIA DEL GUAYAS”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

KATHERINE DANIELA ANDRADE WIESNER
DAVID FERNANDO COBO VIERA

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2016

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios, el primero al que acudo en momentos difíciles. Por darme Paz, Fuerza y Fe.

A mis abuelitos y a mis padres, gracias a ellos soy la persona que soy. Mi educación, conocimiento, experiencias, y lo que me caracteriza lo he obtenido con su apoyo y ejemplo. Gracias a mis hermanos por su paciencia y amor incondicional.

A mis compañeros, por ayudarme a ser más humilde y a aprender a trabajar en equipo. Gracias por compartir estos cinco años, creciendo, aprendiendo y mejorando.

Al Club ROBOTA, gracias por la experiencia de estos últimos años. Las participaciones nacionales e internacionales, los logros obtenidos, la beca otorgada. Muchas gracias chicos.

A mis profesores, por guiarme y aconsejarme para lograr mis metas y ser una excelente profesional, en especial al Ingeniero Edison Del Rosario.

Katherine Daniela Andrade Wiesner

Agradezco de todo corazón a mis padres, en especial a mi madre, que gracias a su apoyo incondicional he logrado cumplir mis metas propuestas y llegando a este punto de mi vida.

David Fernando Cobo Viera

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis abuelitos y a mis padres, con su apoyo he alcanzado esta meta y sé que siempre estarán a mi lado en mis futuros logros.

Katherine Daniela Andrade Wiesner

Dedico el presente proyecto a mis padres, mis hermanos los cuales siempre han estado a mi lado ayudándome cuando lo he necesitado. Una dedicatoria especial para mis difuntos abuelos Santos José Viera Pérez y María Encarnación Barcia Bravo a quienes extraño y quiero mucho.

David Fernando Cobo Viera

TRIBUNAL DE EVALUACIÓN

.....
MSc. Edison del Rosario

PROFESOR EVALUADOR

.....
Ing. Miguel Molina

PROFESOR EVALUADOR

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

.....
Katherine Daniela Andrade Wiesner

.....
David Fernando Cobo Viera

ABREVIATURAS

AVL	Automatic Vehicle Location(Rastreo Vehicular Automatizado)
BG	Border Gateway (Borde de la Puerta de Enlace)
BRT	Bus Rapid Transit (Bus de Tránsito Rápido)
BS	Base Station (Estación Base)
BSC	Base Station Controller (Controlador de Estación Base)
DTC	Delhi Transport Corporation
EIR	Equipment Identity Register (Registro de Identificación del Equipo)
GGSN	Gateway GPRS Support Node (Nodo de Conmutación de Paquetes de Puerta de Enlace)
GLONASS	Global Navigation Sputnik System (Sistema Global de Navegación Satelital)
GMSC	Gateway Mobile Services Switching Center (Centro de Conmutación de Puerta de Enlace Móvil)
GPRS	General Packet Radio Service (Servicio General de Paquetes Vía Radio)
GPS	Global Positioning System(Sistema de Posicionamiento Global)
GSM	Global System for Mobile communications(Sistema Global de Comunicaciones Móviles)
HLR	Home Location Register (Registro Local de Casa)
IMEI	International Mobile Equipment Identity (Identidad Internacional del Equipo Móvil)
ITOR	Integrador Tecnológico y Operador de Recaudo

LCD	Liquid Crysta Display (Pantalla de Cristal Líquido)
MSC	Mobile Services Switching Center (Centro de Conmutación de Servicios Móviles)
NSS	Network Switching Subsystem (Subsistema de Conmutación de Red)
OBD	On Board Diagnostics(Diagnóstico a bordo)
PCU	Packet Control Unit (Unided de Control de Paquetes)
QoS	Quility of Service (Calidad de Servicio)
RPM	Revoluciones Por Minuto
RVA	Rastreo Vehicular Automatizado
SCO	Sistema de Control de Operación
SGSN	Serving GPRS Support Node (Nodo de Conmutación de Paquetes)
SMS	Short Message Service (Servicio de Mensajes Cortos)
STI	Sistema de transporte Inteligente
TDMA	Time Division Multiple Access (Multiplexado Por División de Tiempo)
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
VIN	Vehicle Identification Number (Número de Indetinficación Vehicular)
VLR	Visitor Location Registrer (Registro Local de Visitante)

RESUMEN

En la actualidad el tiempo es un recurso muy valioso, así que proveer un servicio en el que se pueda ahorrar al menos un poco, sería un aporte importante para aquellos que aprecian cada minuto. Se detallará la tecnología a usar y el diseño elegido para presentar la información. Así también se indicará si el proyecto es viable para su implementación.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar el análisis y diseño de un sistema para brindar el servicio de información del tiempo de arribo de los buses, como beneficio a los usuarios del sistema de transporte inteligente de la ciudad de Guayaquil, Sistema Metrovía y está dirigido al consorcio Transvía, encargado de su gestión tecnológica.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	ii
DEDICATORIA	iii
TRIBUNAL DE EVALUACIÓN	iv
DECLARACIÓN EXPRESA	v
ABREVIATURAS	vi
RESUMEN.....	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
CAPÍTULO 1.....	1
1. SITUACIÓN.....	1
1.1. Objetivos.....	1
1.1.1. Objetivos Generales.....	1
1.1.2. Objetivos Específicos	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Sistema Metrovía	2
1.3.1. Ficha técnica de los buses troncales	4
1.3.2. Cantidad de Pasajeros	6
1.3.3. Beneficios tecnológicos implementados	6
1.3.4. Consorcio Transvía	7
1.4. Justificación	8
1.4.1. Beneficios.	9
1.5. Alcance.....	9
1.6 Limitaciones	9
CAPÍTULO 2.....	10
2. TECNOLOGÍAS.	10
2.1. Rastreo Vehicular Automatizado	10
2.2. Sistema de Posicionamiento Satelital	11

2.2.1. GPS	11
2.2.2. Glonass	12
2.3. OBD (On Board Diagnostics)	13
2.4. Red Celular	14
2.4.1. GSM.....	14
2.4.2. GPRS.....	14
2.5. Centro de Monitoreo	17
2.6. Sistemas de Información a pasajeros	18
2.6.1. Letreros electrónicos en paradas	18
2.6.2. Pantallas LCD	19
2.6.3. Página Web.....	20
2.6.4. Aplicación para teléfono inteligente	21
2.6.5. Mensajes de texto	22
2.6.6. Kiosks	23
CAPÍTULO 3.....	24
3. DESARROLLO.....	24
3.1. Predicción del tiempo estimado de arribo de buses	24
3.1.1. Algoritmo de estimación de tiempo de arribo de buses	24
3.2. Diseño de la Red	27
3.2.1. Cálculo del Ancho de Banda	27
3.3. Presentación de la información	30
3.3.1. Página Web.....	30
3.3.2. Aplicación Móvil	30
3.3.3. Pantallas en estaciones	31
CAPÍTULO 4.....	40
4. ANÁLISIS FINANCIERO.	40
4.1. Inversión inicial	40
4.2. Tiempos de Ejecución del Proyecto	41
4.3. Gastos del Proyecto.....	42

4.3.1. Gastos Mensuales.....	42
4.3.2. Gastos de Operación – Sueldos.....	43
4.3.3. Gastos Generales	43
4.4. Rentabilidad del Proyecto	43
4.4.1. Cálculo del Valor Actual Neto.....	44
4.4.2. Análisis Costo-Beneficio.....	44
4.4.3. Viabilidad del Proyecto.....	45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Compañías que conforman el sistema Metrovía.	3
Tabla 2: Ficha técnica de las troncales	5
Tabla 3: Total de Pasajes Pagados [1]	6
Tabla 4: Clases de Confiabilidad de GPRS.	17
Tabla 5: Clases de Retardo de GPRS.	17
Tabla 6: Total de datos transferidos.....	29
Tabla 7: Paradas de la troncal 1	36
Tabla 8: Paradas de la troncal 2	38
Tabla 9: Paradas de la troncal 3	39
Tabla 10: Paradas Integradoras de Troncales	39
Tabla 11: Total de pantallas.....	39
Tabla 12: Inversión Inicial del proyecto	41
Tabla 13: Gastos de Operación - Sueldos	43
Tabla 14: Gastos Generales	43
Tabla 15: Flujo neto proyectado.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Servicio de Wifi Gratis a los usuarios del Sistema Metrovél.	7
Figura 2.1: Esquema del sistema AVL.	10
Figura 2.2: Sistema GPS.	11
Figura 2.3: Señal GPS transmitida por el satélite.	12
Figura 2.4: Sistema OBD en un bus.	13
Figura 2.5: Estructura de Red GPRS.	15
Figura 2.6: Centro de Monitoreo del sistema de RVA EMTRAC, Illinois, USA.	17
Figura 2.7: Letreros en paradas de buses en Londres hasta 4 buses.	19
Figura 2.8: Letrero en parada del STI de Los Ángeles.	19
Figura 2.9: LCD publicitario en buses.	20
Figura 2.10: Monitor dentro de estaciones del Sistema Metrovía.	20
Figura 2.11: Página Web Sistema de transporte WMATA de Washington D.C.	21
Figura 2.12: Aplicación Bus Checker™ obtenida desde el GooglePlay.	22
Figura 2.13: Sistema de información por mensaje de texto Transantiago, Chile. ...	22
Figura 2.14: Kiosk implementado en el MTA de la ciudad de New York, USA.	23
Figura 3.1: Ejemplo de distancias en función del tiempo.	25
Figura 3.2: Representación gráfica del algoritmo.	26
Figura 3.3: Diagrama de Red.	27
Figura 3.4: Ejemplo sitio Web.	30
Figura 3.5: Ejemplo Aplicación Móvil.	31
Figura 3.6: Esquema de parada tipo A.	32
Figura 3.7: Esquema de parada tipo B.	33
Figura 3.8: Esquema de parada tipo C.	33
Figura 3.9: Esquema de parada tipo D.	34
Figura 3.10: Esquema de parada tipo E.	34
Figura 3.11: Esquema de parada tipo F.	35
Figura 4.1: Diagrama Gantt.	42

CAPÍTULO 1

1. SITUACIÓN.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivos Generales

Plantear el diseño de un sistema que permita a los usuarios del Sistema Metrovía conocer el tiempo de arribo de los buses, de esta manera podrán administrar mejor su tiempo al conocer cuánto deben esperar.

1.1.2. Objetivo Específicos

- Calcular la viabilidad del proyecto.
- Sugerir los medios para brindar información a los usuarios.
- Analizar el beneficio que obtendrán los usuarios al desarrollar este proyecto.
- Realizar el diseño de la plataforma para mostrar el tiempo de arribo.

1.2. Antecedentes

Los sistemas de Rastreo Vehicular Automatizado (RVA) en la actualidad son necesarios para el monitoreo y mejora de las operaciones de cualquier flota de buses. Una vez implementado este sistema, se puede proveer información en tiempo real para beneficio de los usuarios. Alrededor del mundo muchos Sistema de Transporte Inteligente (STI) brindan este servicio desde hace varios años.

El no conocer el tiempo estimado en el que llegará un bus a su parada genera malestar en los usuarios. La mayoría de personas que se movilizan en transportes públicos andan apurados por llegar a tiempo a su destino. El estrés ocasionado por la demora de buses y no saber si viene uno en camino provoca malas críticas al sistema Metrovía, cuyo objetivo es que la mayor cantidad de personas prefieran su uso sobre otros medios de transporte urbano y así descongestionar las calles de Guayaquil.

Al momento en que se realiza este proyecto, no se brinda información en tiempo real eficiente a los usuarios de ningún STI del país. Metrovía ha implementado prototipos de un sistema similar solo para las troncales principales pero con pocos resultados favorables. En ocasiones las pantallas no muestran ningún tipo de información y cuando lo hacen son datos erróneos, es decir, los buses no llegan a la estación, ni en el orden mostrado ni en el tiempo estimado. La información mostrada en pantalla LCD no es acertada en todos los casos como se pudo observar en la estación “La Atarazana” en la segunda semana del mes de noviembre del 2015.

1.3. Sistema Metrovía

El proyecto de transportación masivo de la Metrovía adoptó el sistema de BUS RAPID TRANSIT (BRT), es decir el uso de buses Tronco - Alimentados, lo que lo convierte en el STI de la ciudad de Guayaquil. Se inició bajo la Alcaldía del Ab. Jaime Nebot en el año 2000. Nace debido a la sobreoferta de buses para una población de 2.500.000 habitantes, de los cuales casi el 83% usa el transporte público. El proyecto completo consta de 7 Troncales, divididas en dos fases. La fase 1, cuenta con tres troncales principales:

- Troncal 1: Guasmo - Río Daule
- Troncal 2: 25 de Julio - Río Daule
- Troncal 3: Bastión Popular - Centro.

Cada Troncal tiene alimentadores para poder acceder a más sectores y llegar a más usuarios.

A continuación se presentan las compañías que conforman el Sistema Metrovía, como se observa en la tabla, la compañía encargada de la planificación, operación, Control de Recaudo y Flota de Transporte es el Consorcio Transvía. Es ahí donde se integrará el sistema de información a usuarios, por lo que se hablará un poco de cómo está constituida.

Compañías que conforman el sistema Metrovía			
	Función	Operación/Localización	
Metro Quil	Consorcio-Operador de Transporte	T1	Guasmo-Rio Daule
Metro Express	Consorcio-Operador de Transporte	T2	25 de Julio-Rio Daule
Metro Bastión	Consorcio-Operador de Transporte	T3	Bastión Popular-Centro
Transvía	Consorcio encargado de la planificación, operación, Control de Recaudo y Flota de Transporte	T1	Guasmo-Rio Daule
		T2	25 de Julio-Rio Daule
		T3	Bastión Popular-Centro
Fundación Metrovía	Ente regulador del Sistema Metrovía	T1	Guasmo-Rio Daule
		T2	25 de Julio-Rio Daule
		T3	Bastión Popular-Centro
Vielarec	Compañía de Seguridad	T1	Guasmo-Rio Daule
Alerta Red	Compañía de Seguridad	T2	25 de Julio-Rio Daule
SEISEI	Compañía de Seguridad	T3	Bastión Popular-Centro
Ghiberty	Compañía de Limpieza	T1	Guasmo-Rio Daule
		T2	25 de Julio-Rio Daule
		T3	Bastión Popular-Centro

Tabla 1: Compañías que conforman el sistema Metrovía.

Objetivos de Calidad del Sistema Metrovía

En la página web del sistema Metrovía se muestran los objetivos de calidad (Referencia objetivos de calidad), entre ellos están Implementar al menos un proyecto de mejoras al año e incrementar el nivel de satisfacción de sus usuarios, por lo que implementar un sistema de información crearía un impacto positivo y mejoraría la relación entre el sistema Metrovía y sus usuarios. A continuación se indican los objetivos de calidad del sistema Metrovía.

- Disminuir el Índice de Pasajeros por Kilómetro recorrido a 14 en un período de dos años.
- Controlar que al menos el 90% de las unidades de la flota del sistema de transporte METROVÍA se encuentren operativas.
- Controlar que la disponibilidad del Sistema de Control de Operación -ITOR- sea al menos del 90%.
- Lograr al menos el 70% de satisfacción de los pasajeros a través de un servicio de calidad.
- Reducir el nivel de insatisfacción de los usuarios en 0.5% anual.
- Implementar al menos un Proyecto de Mejoras al año.

1.3.1. Ficha técnica de los buses troncales

Se detallarán ciertas características de los consorcios de transporte de la fase 1 del Sistema Metrovía. Así se observarán los diferentes y similares atributos presentes en cada Consorcio. Para más detalle de las rutas ver Anexo 1.

	Guasmo - Rio Daule	25 de Julio - Rio Daule	Bastión - Centro
Inauguración	2006	2012	2008
Número de Líneas	1	1	1
Tipo de Servicio	Tronco - alimentados	Tronco - alimentados	Tronco - alimentados
Integración con alimentadores	Física y Tarifaria	Física y Tarifaria	Física y Tarifaria
Longitud de ruta	15.7 KM	13.29 Km	15.6 Km
Carriles por dirección	1	2	1
Estaciones	34	23	25
Estaciones de transferencia	3	2	3
Distancia entre estaciones	650 m	400 m	640 m
Número de rutas de los alimentadores	5	17	12
Número de buses troncales	40	85	65
Número de buses alimentadores	40	90	70

Tabla 2: Ficha técnica de las troncales

1.3.2. Cantidad de Pasajeros

La información más actualizada acerca de la cantidad de pasajeros que proporciona la página web del sistema Metrovía está dada en el informe de Rendición de Cuentas del año 2014 [Referencia en ley de transparencia]. En la siguiente tabla se observan los datos de los años operativos del sistema Metrovía, se puede observar el aumento de pasajeros. Los datos presentados son de las troncales Guasmo-Vía Daule, Bastión- Centro y MetroExpress. Con estos valores calcularemos cuántos pasajeros en promedio son transportados por el sistema Metrovía al mes.

AÑO	METROQUIL	METROEXPRESS	METROBASTION	TOTAL
2006	12.344.781	-	-	12.344.781
2007	36.156.868	-	-	36.156.868
2008	40.840.935	-	30.793.881	71.634.816
2009	40.974.296	-	50.496.765	91.471.061
2010	43.093.271	-	51.089.814	94.183.085
2011	44.379.219	-	52.678.910	97.058.129
2012	43.490.350	-	52.393.477	95.883.827
2013	51.901.140	38.668.969	54.260.281	144.830.390
2014	56.195.736	51.432.189	56.645.039	164.272.964
TOTAL	369.376.596	90.101.158	348.358.167	807.835.921

Tabla 3: Total de Pasajes Pagados [1]

1.3.3. Beneficios tecnológicos implementados

El Sistema Metrovía ofrece **Servicio de Acceso a Internet Inalámbrico** de forma gratuita en todas las paradas y terminales. Aunque el tiempo límite de uso de este servicio es de 30 minutos al día, es un gran paso para que el Sistema Metrovía sea considerado como un STI. Los usuarios pueden acceder al servicio por medio de sus celulares o tablets.



Figura 1.1: Servicio de Wifi Gratis a los usuarios del Sistema Metrovía [2]

1.3.4. Consorcio Transvía

Consorcio Transvía también conocido como el Integrador Tecnológico y Operador de Recaudo (ITOR) del Sistema Metrovía, es el encargado del manejo de cuentas y administra el Sistema de Control de Operación (SCO). Entre las actividades que realiza el Consorcio Transvía, detallado en la Rendición de Cuentas del año 2014 [1], están:

- Se encarga de toda la operación, control y supervisión tecnológica del Sistema Metrovía.
- Es responsable de la automatización, manejo y control de todo el ciclo de recaudo.
- Provee y administra Red de validadores, Conciliación de Cuentas y Sistema de control de la operación de recaudo.
- Es responsable de programación de horarios, frecuencias, en función de la oferta/demanda, condición indispensable para garantizar el Sistema.
- Brinda el mantenimiento preventivo-correctivo de los equipos de control.
- Es responsable por la actualización tecnológica.
- Es evaluado a través de Índice de Servicios y Operación definidos por la Fundación

El consorcio Transvía es una asociación entre la empresa mexicana Sistema BEA y la empresa española IC2 Partners LLC.

Adquiriendo también equipos de rastreo de la empresa española Busmatick Group. El centro de monitoreo está ubicado en la Av. Benjamín Rosales y Av. de las Américas, en el Terminal Río Daule de la Metrovía, frente al terminal Terrestre. Para observar ilustración de los equipos, ver anexo 2.

Sistema BEA - IC2 Partners LLC

La empresa mexicana BEA, fue contratada para suministrar hardware inteligente a los buses del sistema Metrovía. Los equipos instalados son:

- Validador de tarjetas inteligentes (BEA-SAC).
- Barras contadoras de pasajeros (BEA-RT).
- Máquina de venta y recarga de tarjeta inteligente (BEA-VRT).
- Torniquete inteligente (BEA-TOR)

Busmatick Group

Provee los equipos necesarios para implementar un RVA. El equipo instalado es LITE y el software de monitoreo es BtkOffice. La información obtenida por este software será integrada al sistema de información del tiempo real de arribo de los buses.

1.4. Justificación

Hoy en día vivimos en una sociedad acelerada donde el tiempo es dinero y la gente lo sabe, una de las metas de un STI en una ciudad es ofrecer eficiencia y un servicio confiable a sus usuarios. De tal modo que brindar información de tiempo real es necesario debido a que reduce el molesto tiempo de espera, por lo que los usuarios podrían administrar su tiempo de una mejor manera. Muchos sistemas de transporte en el mundo han implementado este aporte extra del RVA como beneficio a sus usuarios, aprovechando el desarrollo tecnológico actual.

1.4.1. Beneficios.

Entre los beneficios que brinda el Sistema de Tiempo Real de Arribo de Buses están:

- Reducir la ansiedad que presentan los usuarios ante el molesto tiempo de espera.
- Mejorar la imagen del Sistema Metrovía ante sus usuarios.
- Incrementar el nivel de satisfacción de los usuarios.

1.5. Alcance

Los tres troncales principales del Sistema Metrovía con sus respectivas estaciones y buses articulados. La Troncal Guasmo-Río Daule cuenta con 32 estaciones y 40 buses articulados. Troncal Bastión-Centro posee 23 estaciones en operación con 65 buses articulados. Finalmente la Troncal 25 de Julio-Río Daule tiene a su disposición 32 estaciones con 85 buses articulados. Adicional el Sistema Metrovía cuenta con 2 estaciones integradoras entre las troncales T1 y T3. Sin toma en cuenta las 4 terminales que integran el sistema.

1.6. Limitaciones

La finalidad de este proyecto es proponer un sistema viable que brinde el servicio de información del tiempo de arribo de los buses de la fase 1 del Sistema Metrovía, es decir las troncales 1, 2 y 3 con sus respectivas rutas alimentadoras como beneficio a sus usuarios de forma gratuita. No se tomará en cuenta la implementación en las terminales, debido a las existencias de puntos de información en el lugar.

CAPÍTULO 2

2. TECNOLOGÍAS.

2.1. Rastreo Vehicular Automatizado

AVL (Automatic Vehicle Location) o Rastreo Vehicular Automatizado, es un sistema que indica la ubicación geográfica de un vehículo en tiempo real. Está compuesto por un dispositivo OBD (On Board Diagnostics), el cual indica la velocidad y estado del vehículo y un sistema de Rastreo Satelital que indica su posición. [3]

La información obtenida es enviada a un software en el centro de control y monitoreo del Sistema de transporte por medio de una red celular.

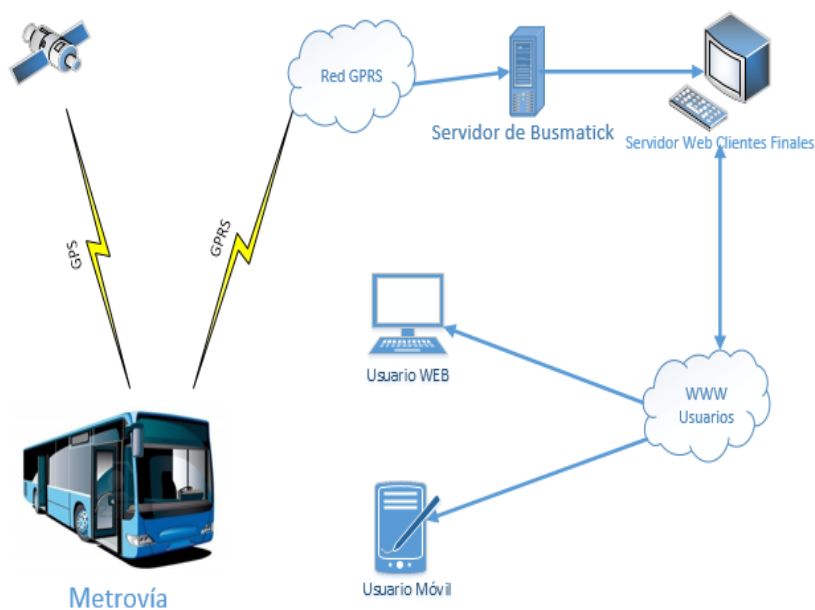


Figura 2.1: Esquema del sistema AVL.

2.2. Sistema de Posicionamiento Satelital

2.2.1. GPS

Es un sistema creado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en 1973, el cual permite determinar la posición de un objeto en cualquier parte del mundo con una precisión de hasta pocos metros. El sistema de satélites que proporcionan la información orbita alrededor de la Tierra en 6 órbitas diferentes con una inclinación de 55° con respecto al ecuador terrestre y 4 satélites en cada una, con un total de 24 satélites disponibles. Para la obtención de datos precisos y confiables es necesario la comunicación con mínimo cuatro satélites al mismo tiempo.

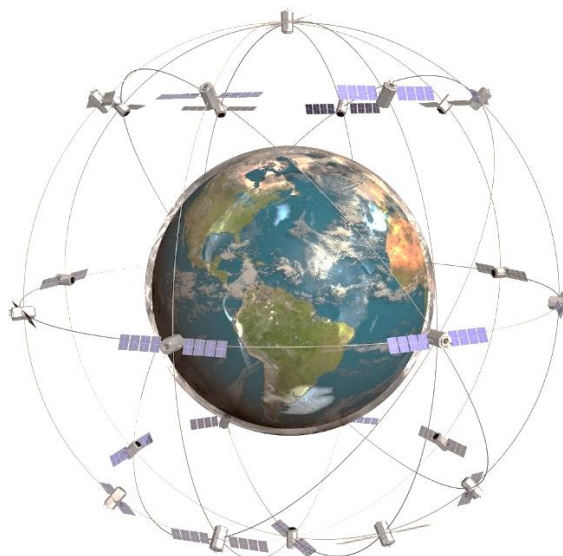


Figura 2.2: Sistema GPS [4].

La señal transmitida por los satélites posee una potencia tal que el mínimo recibido en la superficie de la Tierra sea de -160dBw . Se forma por la combinación de tres componentes: Mensaje de navegación, código de distancia y señal portadora. [5]

El mensaje de navegación la cual contiene la información sobre la posición del satélite llega el receptor en un flujo de datos de 50bps . La

cual es modulada por dos tipos de acceso múltiple por división de tiempo. Los códigos utilizados son clear/access code (C/A) y código de precisión (P). En caso de uso militar se usa un código especial de precisión encriptado "P(Y)". [6]

La señal GPS posee dos componentes de frecuencia denominadas Link 1 (L1) y Link 2 (L2). Las frecuencias centrales son coherentes con el reloj atómico de 10.23 MHz que poseen los satélites. Se obtienen de la siguiente forma:

$$L1 = 154 \times 10.23\text{MHz} = 1575.42 \text{ MHz} \quad (2.1)$$

$$L2 = 120 \times 10.23\text{MHz} = 1227.6 \text{ MHz} \quad (2.2)$$

Hay que tomar en cuenta el efecto de la relatividad en las mediciones. El reloj a bordo del satélite aparenta ir más rápido que un reloj en la Tierra, adelantándose 38 microsegundos por día. Para compensar este efecto el reloj satelital al momento de su lanzamiento es generado por una frecuencia poco inferior a los 10.23MHz. Por lo tanto la frecuencia de referencia que usa el satélite es de 10.229999995433MHz. [7]

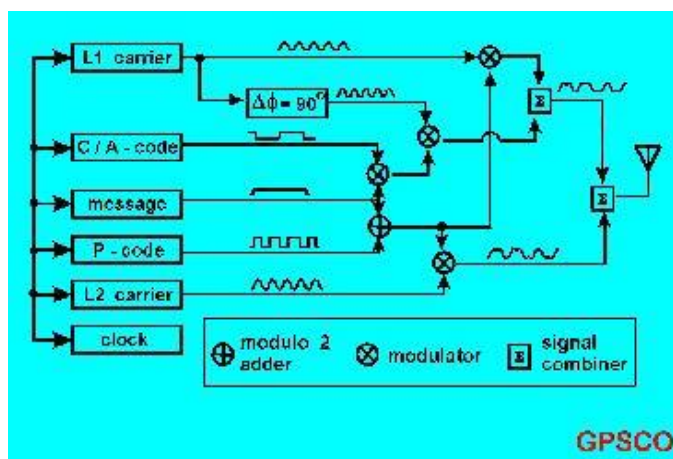


Figura 2.3: Señal GPS transmitida por el satélite.

2.2.2. Glonass

Glonass es un sistema de navegación satelital ruso, homólogo al GPS americano y al Galileo Europeo. El lanzamiento del primer satélite fue

en 1982 y actualmente cuenta con una constelación de 31 satélites, 24 de ellos están activos y están ubicados 8 satélites en 3 planos orbitales. Están ubicados a 19.100 Km de la Tierra y completan una órbita en 11 horas y 15 minutos. Este sistema no es ampliamente utilizado a nivel mundial debido al sistema económico y político de Rusia [8].

2.3. OBD (On Board Diagnostics)

Es un dispositivo inteligente que se instala en los vehículos para dar a conocer información importante de este, tal como:

- Parámetros en tiempo real: RPM, velocidad, posición del pedal, estado del flujo de aire, temperatura del refrigerante, etc.
- Estado de la luz "Check Engine".
- Congelar fotograma: una "instantánea" de los parámetros en el momento en que se ha producido un evento de problema.
- Los códigos de problemas de diagnóstico (DTC).
- Resultados de la prueba del sensor de oxígeno.
- Número de identificación del vehículo (VIN).
- Número de ciclos de encendido.
- Número de kilómetros recorridos.

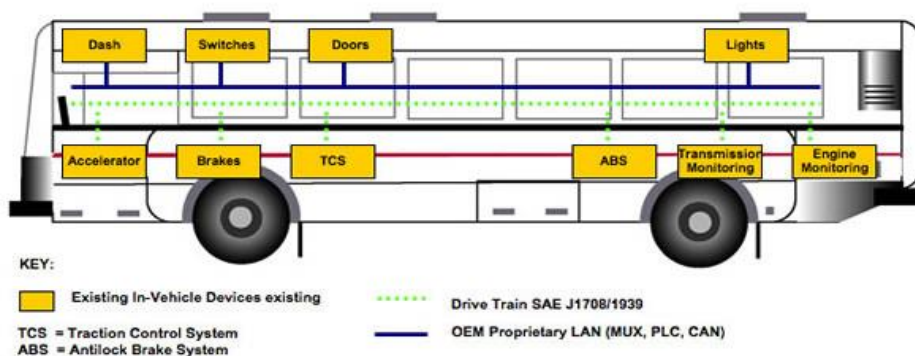


Figura 2.4: Sistema OBD en un bus [9].

2.4. Red Celular

2.4.1. GSM

Sistema Global de Comunicaciones Móviles estándar de telefonía de segunda generación (2G) que presta servicios de voz de alta calidad y de datos conmutados por circuitos en una amplia banda del espectro, como son en las frecuencias de 850, 900, 1800, y 1900 MHz. La técnica de acceso al medio que utiliza se denomina multiplexado por división de tiempo (TDMA) la cual permite que varios usuarios compartan mismo canal. Las velocidades de transmisión de voz o datos son de 13 Kbps.

La arquitectura se basa en celdas, donde cada estación base (BS) ocupa un espacio geográfico, permitiendo soportar varios usuarios. El encargado de coordinar todas las BS es el Controlador Estación Base (BSC), el cual si el terminal móvil se encuentra en movimiento sea posible el cambio de celdas o Handover.

2.4.2. GPRS

La tecnología GPRS (General Packet Radio Services) se la clasifica como 2.5G al ser la transición entre el estándar de telefonía de segunda generación hacia la tercera generación. Es una extensión del GSM logrando alcanzar velocidades de transmisión de datos a una tasa de 114 kbps en la práctica. La conmutación de paquetes para transmitir datos es una forma más eficiente que la conmutación de circuitos utilizada por su predecesor para la transmisión de voz.

El sistema GPRS posee varias ventajas para el usuario. Entre ellas existe la característica de siempre estar conectado, hace uso de la red solo cuando recibe o transmite datos. La forma que se factura este servicio es por volumen de transmisión de datos y no por el tiempo conectado, ideal para sistemas donde se transmiten pequeñas cantidades de datos durante mucho tiempo. Puede utilizar varios

canales simultáneos para aumentar la velocidad de carga o descarga. Cada canal representa un velocidad de 13.4 Kbps teóricos.

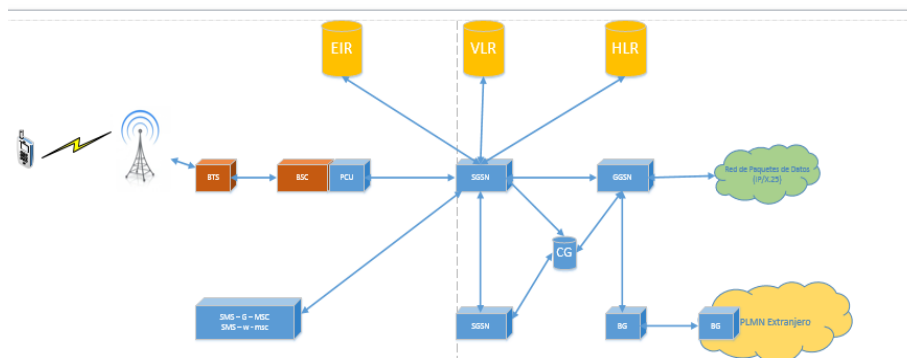


Figura 2.5: Estructura de Red GPRS.

- **Mobile Services Switching Center (MSC):** Es el componente central del subsistema de conmutación y red (NSS). Es el encargado de realizar la conmutación dentro de la red, así como de proporcionar conexión con otras redes.
- **Gateway Mobile Services Switching Center (GMSC):** Puede ser software o hardware, realiza la interconexión de dos redes traduciendo sus distintos protocolos logrando que se entiendan entre sí. Es el mediador entre la red de telefonía fija y la red GPRS.
- **Home Location Register (HLR):** Es la base de datos de un determinado MSC que contiene la localización de los usuarios y a que tipos de servicios tiene acceso.
- **Visitor Location Register (VLR):** Comparte funcionalidad con el HLR. Toda la información necesaria para que un usuario pueda acceder a los servicios de la Red se encuentran en este registro.
- **Equipment Identity Register (EIR):** También se utiliza para proporcionar seguridad en las redes GSM pero a nivel de equipos válidos. La EIR contiene una base de datos con todos los terminales que son válidos para ser usados en la red. Esta base de datos contiene los International Mobile Equipment Identity o IMEI de cada terminal, de manera que si un determinado móvil trata de hacer uso de la red y su IMEI no se

encuentra localizado en la base de datos del EIR no puede hacer uso de la red.

- PCU: Packet Control Unit. Forma parte del BSC. Gestiona las funciones relacionadas con la transmisión de paquetes en la interfaz radio.
- SGSN: Serving GPRS Support Node. Nodo de conmutación de paquetes.
- GGSN: Gateway GPRS Support Node. Nodo de conmutación de paquetes con funciones de interconexión con otras redes de datos.
- BG: Border Gateway. Interconexión con otras PLMN's.

En GPRS se define como calidad de servicio o QoS usando los parámetros como precedencia, confiabilidad, retraso, y rendimiento.

- El servicio de precedencia se refiere a la prioridad de un servicio en relación con otro servicio. Existen tres niveles de prioridad: alto, normal, y bajo.
- La confiabilidad indica las características de transmisión requeridas por una aplicación. Se definen tres clases de confiabilidad, que garantizan ciertos valores máximos para la probabilidad de error, duplicación, secuencias erróneas, y corrupción de datos.
- El parámetro de retraso define máximos valores para el retraso promedio y el retraso de 95 percentil. El último es el máximo retardo garantizado el 95 por ciento de todas las transferencias.
- El rendimiento especifica la máxima tasa de bits y la tasa de bits media.

Clase	Probabilidad de:			
	Perdida de Paquete	Paquete duplicado	Paquete fuera de secuencia	Paquete corrompido
1	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}	10^{-9}
2	10^{-4}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-6}
3	10^{-2}	10^{-5}	10^{-5}	10^{-2}

Tabla 4: Clases de Confiabilidad de GPRS [10].

Clase	Paquete 128 bytes		Paquete 1024 bytes	
	Retardo Promedio	Retardo 95%	Retardo Promedio	Retardo 95%
1	<0.5s	<1.5s	<2s	<7s
2	<5s	<25s	<15	<75s
3	<50s	<250s	<75s	<375s

Tabla 5: Clases de Retardo de GPRS [10].

2.5. Centro de Monitoreo

El centro de monitoreo es el punto más importante para implementar un sistema de RVA. Es aquí donde llega toda la información enviada por los buses y que será utilizada en los softwares para obtener los datos en tiempo real. Aquí estarán los servidores y demás dispositivos con los que se crearán bases de datos y donde la información será enviada a los sistemas de información a pasajeros.



Figura 2.6: Centro de Monitoreo [11].

2.6. Sistemas de Información a pasajeros

Un sistema de información a pasajeros es el medio de comunicación entre los STI y sus usuarios. A través de esta tecnología los STI informan el tiempo real de arribo de los buses, así como horarios programados, rutas planificadas y alguna novedad inesperada que se presente. Para acceder a esta información la agencia de tránsito deberá proveer acceso a sus servidores y bases de datos en el caso en que el método de información no sea proporcionado por la agencia. Los métodos usados para mostrar la información son:

2.6.1. Letreros electrónicos en paradas

Muy comunes a nivel mundial, es el uso de letreros electrónicos en las paradas de buses. Por medio de estos se puede informar a los usuarios el tiempo real de arribo de los buses a las paradas, en cuanto tiempo llegara el siguiente bus y cualquier noticia importante. Los letreros electrónicos muestran la información enviada desde el centro de monitoreo.

El uso de este medio es cómodo y ayuda a los usuarios a ver la información de manera clara y rápida. No se recomienda colocarlos en lugares que no sean paradas principales dado que la instalación es cara.



Figura 2.7: Letreros en paradas de buses en Londres hasta 4 buses [12].



Figura 2.8: Letrero en parada del STI de Los Ángeles [12].

2.6.2. Pantallas LCD

Las pantallas LCD son un medio dinámico de mostrar la información. Por lo general no son de gran tamaño, aunque tienden a mostrar más información. Actualmente El Sistema Metrovía tiene Pantallas LCD en sus buses y paradas.



Figura 2.9: LCD publicitario en buses [13].



Figura 2.10: Monitor dentro de estaciones del Sistema Metrovía [14].

2.6.3. Página Web

La mayoría de los STI tiene una página web en la informan su organigrama, rutas planificadas, horarios, historia de la empresa e información general. Este medio es efectivo para informar a los usuarios, pero no es óptimo cuando ocurre un altercado con el servicio en tiempo real. Se puede observar toda la información del STI en tiempo real, todas las paradas y todos los buses, es decir se puede hacer una búsqueda general.

Para dar un mejor servicio al usuario se puede integrar Google Maps de tal forma que se observe información dinámica. Se requiere de una

inversión significativa el añadir este servicio debido a la contratación de programadores y personal calificado para mantener la página web actualizada.

The screenshot shows the Washington Metropolitan Area Transit Authority (WMATA) website. The main content area is titled 'Next Bus Arrivals' and provides a form to check for GPS-based arrival times. The form includes the following fields and options:

- 1. Enter stop #: Go or
- 2. Select your route, direction, and stop (all must be selected)
 - Route: A2 ANAC-CONG HGTS
 - Direction: North to Anacostia Station variant #1
 - Stop: Condon Ter Se + #600
 - Destination (optional): Condon Ter Se + Pepco Pole

Below the form, there is a banner for 'Martin Luther King Jr. Day Metrobus Service Information, Jan 18'. The main display shows 'Tracked vehicles for route A2 ANAC-CONG HGTS in:' with the following arrival times:

- 3 minutes
- 31 minutes
- 38 minutes

Additional information includes a phone icon with '7 min', contact details (Stop number: 1000075, Phone: (202) 637-7000, SMS: 41411@wmata 1000075), and a timestamp: 'Valid as of 8:40 AM Thursday, January 14'.

Figura 2.11: Página Web del sistema de transporte WMATA de Washington D.C [15].

2.6.4. Aplicación para teléfono inteligente

Varias empresas en el mundo ofrecen aplicaciones para informar a los usuarios de los STI el estado de los buses y el tiempo real de arribo a las paradas establecidas. Por lo general estas aplicaciones tienen un costo pequeño al momento de descargarlas.

Estas aplicaciones ofrecen conocer el tiempo real de arribo de los buses, planificar viajes en los cuales muestra el tiempo aproximado del viaje dependiendo del tiempo de arribo de los buses y del tráfico en ese momento. Uno de los problemas que se puede presentar es el uso del Internet, para que se pueda observar la información en tiempo real, el celular debe tener acceso a Internet.

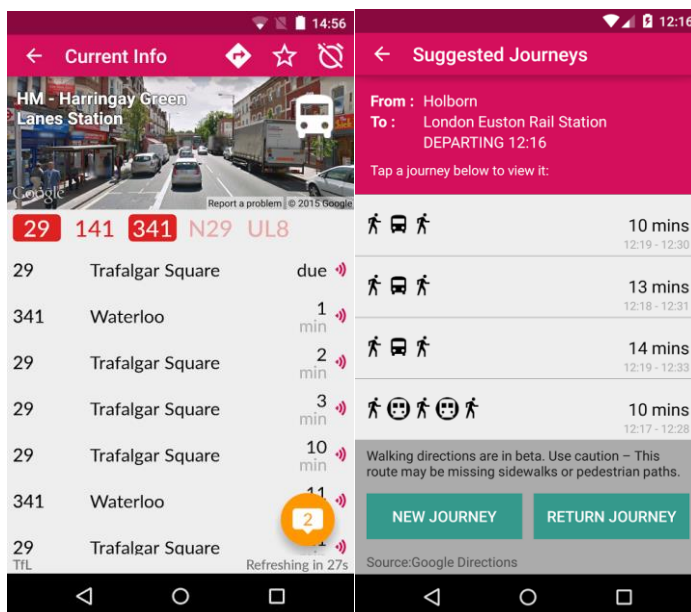


Figura 2.12: Aplicación Bus Checker™ obtenida desde el GooglePlay [16].

2.6.5. Mensajes de texto

Recibir información de información en tiempo real de los buses es una opción muy útil para los pasajeros. Los pasajeros pueden enviar un mensaje de texto a la agencia encargada de proveer información con un número designado y el nombre o número de parada. El sistema automáticamente enviará la información en tiempo real. Este método no necesita de una conexión a Internet ni poseer un teléfono inteligente lo que lo hace más accesible.



Figura 2.13: Sistema de información por mensaje de texto de Transantiago, Chile [17].

2.6.6. Kiosks

Son dispositivos electrónicos que constan de un computador una impresora y una pantalla táctil en muchos casos. Otro de los beneficios además de brindar información es que pueden imprimir tickets o información a los usuarios. Dependiendo de la función que esté realizando. Es una tecnología que crea un impacto positivo en los usuarios de los STI.



Figura 2.14: Kiosk implementado en el MTA de la ciudad de New York, USA [18].

CAPÍTULO 3

3. DESARROLLO.

3.1. Predicción del tiempo estimado de arribo de buses

Tener una predicción acertada es la clave para mostrar la información en tiempo real de los buses. Antes de analizar los algoritmos de predicción, debemos indicar que aunque las rutas urbanas son fijas y cíclicas existen ciertas irregulares en el tráfico urbano de la ciudad de Guayaquil. Entre ellas está el tráfico en hora pico o puede presentarse alguna situación inoportuna que afecte el tiempo estimado de arribo por un corto período de tiempo. Lo que ocasiona que las estimaciones a largas distancias pueden ser imprecisas en dichos casos.

3.1.1. Algoritmo de estimación de tiempo de arribo de buses

A fin de conseguir los resultados esperados es necesario contar con un algoritmo o modelo para predecir el tiempo estimado de arribo y otro algoritmo para procesar los datos que llegan de los buses. Aunque en muchos casos las agencias de transporte mantienen de forma confidencial sus algoritmos, se mostrará de qué manera funcionan y cómo se interpretan los datos. Los datos obtenidos de los sistemas de RVA son distancia y velocidad de los vehículos.

Según la referencia [19], el algoritmo para estimar el tiempo de arribo de los buses funciona de la siguiente manera.

Las distancias de los buses que son detectadas periódicamente cada 30 segundos por el sistema RVA son transmitidas al servidor ubicado en el centro de control utilizando la red GSM teléfono y el servicio de transferencia de paquetes de datos GPRS. Esta información se almacena y se actualiza cada vez que se obtenga una nueva lectura del GPS. Con las distancias almacenadas se obtendrá una tabla estadística de las rutas de buses. Lo ideal es que exista una tabla para cada día, horas pico, fines de semana, y feriados, que conste de los

últimos 10 recorridos realizados. En el siguiente gráfico se mostrará un ejemplo de las distancias recorridas en función del tiempo de una línea de bus.

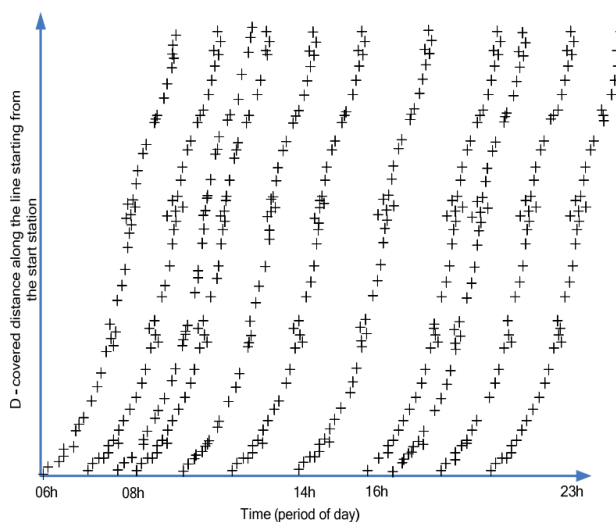


Figura 3.1: Ejemplo de distancias en función del tiempo.

Al momento de que exista un requerimiento para conocer el tiempo estimado de arribo del bus, se ubicará la distancia del bus más próximo y la dirección, se comparará esa distancia con la tabla anteriormente generada, de tal manera que es posible predecir el tiempo estimado del bus a la ubicación. Al darse el caso en que no se haya detectado ninguna unidad próxima en 30 minutos se mostrará un mensaje para indicar que el bus se encuentra en la estación.

El tiempo de arribo de los buses se estima de la siguiente manera:

Como ya lo comentamos anteriormente, se tienen almacenados los datos de los últimos 10 recorridos en un arreglo. Cuando se desee conocer el tiempo estimado desde la parada solicitada P_S , se tomará de la base de datos el tiempo histórico en que el bus demora en llegar a dicha parada t_{SH} y se extraerá la ruta (lista de paradas) a la que pertenece. Luego se ubicarán los vehículos que estén operando en dicha ruta, de estos se conocerá cuál fue la última parada en la que

estuvieron P_u y el tiempo histórico en que demora en llegar a la última parada t_{uH} , adicional se registra el tiempo en que estuvo detenido t_d . El algoritmo utilizará el tiempo que tardó en llegar a la posición actual t_{actual} . El tiempo estimado t_e en que el bus llegará a la estación P_s está dado por la ecuación 3.1:

$$t_e = (t_{sH} - t_{uH}) - (t_{actual} - t_d) \quad (3.1)$$

Los tiempos dados son promedios de los últimos 10 recorridos de la ruta a la que pertenece la parada solicitada.

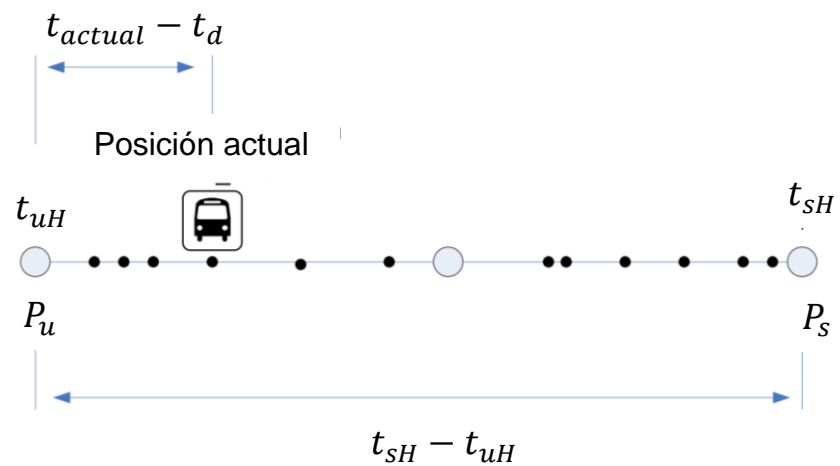


Figura 3.2: Representación gráfica del algoritmo [19].

3.2. Diseño de la Red

El diseño de red que se plantea es utilizar un servidor que requerirá información necesaria del servidor del sistema de RVA del Sistema Metrovía para utilizarlos en el software de predicción y a su vez en el algoritmo de estimación del tiempo real de arribo. Por medio de este servidor se brindará la información a los usuarios finales. El uso de un raspberry Pi es necesario para convertir los datos de red a HDMI y de esta manera mostrarlos en las pantallas comerciales instaladas en las paradas.

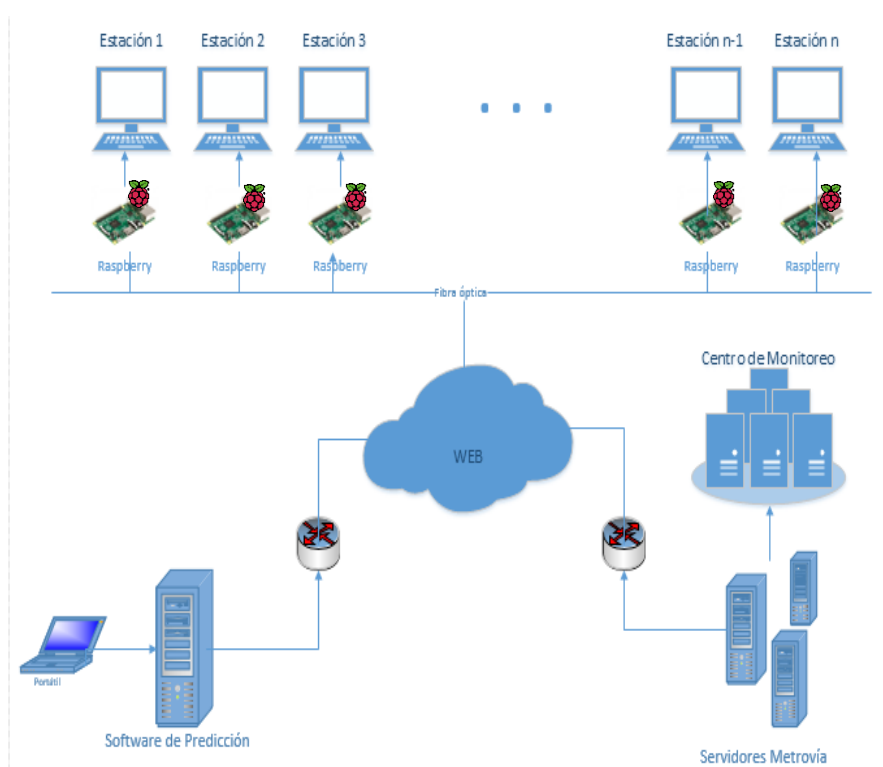


Figura 3.3: Diagrama de Red.

3.2.1. Cálculo del Ancho de Banda

Para calcular el ancho de banda mínimo es imprescindible conocer cuántas conexiones habrán de forma simultánea a la base de datos y cuántos recursos serán utilizados. Analizaremos tres casos de conexiones y cómo llega la información solicitada. Conexión de las

estaciones, las cuales emiten consultas cada minuto de forma continua para actualizar la información de las pantallas. Las conexiones vía web y vía aplicación móvil no emiten de forma continua consultas pero se puede estimar el número de conexiones en un momento dado, por ejemplo en horas pico.

La información del tiempo de arribo de los buses solicitada por los usuarios será recibida en texto plano de la siguiente manera:

idBus,Ruta,TiempoEstimado,EstadoBus

Donde;

idBus: Es el identificador del Bus.

Ruta: Muestra a qué ruta pertenece dicho bus, es decir si es parte del troncal o algún alimentador.

TiempoEstimado: Contiene el tiempo estimado en cual el bus llegará a la parada.

EstadoBus: Indica las condiciones del bus ya sea si se encuentra atrasado o cambio de ruta.

Cada mensaje con la información de un bus tiene un peso aproximado de 45 bytes.

Entre las troncales de “25 de Julio”, “Bastión Popular” y “Guasmo” hay 89 paradas de bus, es decir habrá 89 conexiones. Cada conexión representa un pedido para saber cuáles son los buses que están próximos a dicha parada. En el peor de los casos una parada contará con tres rutas distintas de buses, como por ejemplo uno hacia el norte, otro al sur y por último un alimentador. De cada ruta se mostrará la información de los tres buses más cercanos a dicha parada. Por lo tanto una parada con tres rutas y cada ruta con información de tres buses, se requerirá mostrar en pantalla la información de nueve buses. Conociendo estos datos podemos discernir la cantidad de recursos que utilizan las estaciones. La cual está dado por:

$$89 \text{ estaciones} \times 9 \text{ buses} \times 45 \text{ bytes} = \mathbf{36.045 \text{ bytes}}$$

Las conexiones y recursos utilizados vía plataforma web se pueden calcular de la siguiente manera. El número de usuarios de la Metrovía en horario pico [20], multiplicado al porcentaje de personas con acceso a internet en la provincia del Guayas, dato obtenido del Informe del INEC sobre TIC's del 2013 [21] y por un factor de ajuste, dado que no todos los usuarios con acceso a internet van a solicitar dicha información. Usaremos un factor de 0.5 para nuestros cálculos.

$$5.623 \times 40\% \times 0.5 = 1124 \text{ conexiones.}$$

Cada conexión solicita la información de una parada. Como se mencionó antes, en el peor de los casos, dicha parada requerirá la referencia de nueve buses.

$$1.124 \text{ conexiones} \times 9 \text{ buses} \times 45 \text{ bytes} = \mathbf{455.220 \text{ bytes.}}$$

De manera similar al caso de la plataforma web se puede calcular las conexiones y recursos utilizados por los usuarios de la aplicación móvil. El número de usuarios en hora pico (mismo valor al caso anterior) multiplicado por el porcentaje de la población con un teléfono celular, de ellos cuales son smartphone [21], por el mismo factor de ajuste en el caso web.

$$5.623 \times 46,6\% \times 8,4\% \times 0,5 = 110 \text{ conexiones.}$$

Ahora se procede a calcular los recursos utilizados por las conexiones de la aplicación móvil.

$$110 \text{ conexiones} \times 9 \text{ buses} \times 45 \text{ bytes} = \mathbf{44.550 \text{ bytes.}}$$

Conexiones	Estaciones	Web	Móvil	Total
Bytes	36.045	455.220	44.550	535.815

Tabla 6: Total de datos transferidos

$$535.815 \text{ bytes} \times 8 = 4.286,52 \text{ Kbits} = 4,287 \text{ Mbits}$$

El ancho de banda requerido para soportar todas las conexiones sin que el sistema se sature es de 4,3 Mbps.

3.3. Presentación de la información

3.3.1. Página Web

Para la creación de la página web del sistema de información utilizaremos un subdominio del portal de la Metrovía (<http://www.metrovia-gye.com.ec/>). Se tendrá el servidor instalado en el mismo sitio geográfico de los servidores con la información de los GPS's, es decir en el centro de monitoreo. Se necesitará un usuario y contraseña para poder acceder a dicha información con el fin de que el software lo pueda procesar.

En la página el usuario podrá buscar la información que necesite seleccionando el nombre de la parada deseada. (Ver figura 3.4)



Figura 3.4: Ejemplo sitio Web.

3.3.2. Aplicación Móvil

De forma similar al sitio web la aplicación móvil mostrará la información de los buses cercanos a la parada seleccionada (Ver figura 3.5).



Figura 3.5: Ejemplo Aplicación Móvil.

3.3.3. Pantallas en estaciones

La información procesada en el centro de monitoreo por el algoritmo seleccionado, será transmitida a las paradas por medio de fibra óptica monomodo estándar G.652D del tipo Fibra Corning, debido a que la tecnología fue previamente instalada. Aunque las paradas del sistema Metrovía cuenta con pantallas LCD, estas son utilizadas principalmente para publicidad. La infraestructura de las estaciones permite agregar fácilmente una o dos pantallas LCD adicionales (dependiendo del tipo de estación) cuya función sea únicamente la de proporcionar información real del tiempo de arribo de los buses a los usuarios.

A continuación analizaremos los tipos de paradas, información obtenida del Estudio troncal de la Metrovía, y la ubicación de las pantallas en cada una.

- Parada A: Ubicadas en parterres centrales o aceras, en calles con circulación vehicular en uno o los dos sentidos, a través de rampas se accede y se sale. Será necesario sólo una pantalla ubicada a 10 metros del ingreso a la estación.

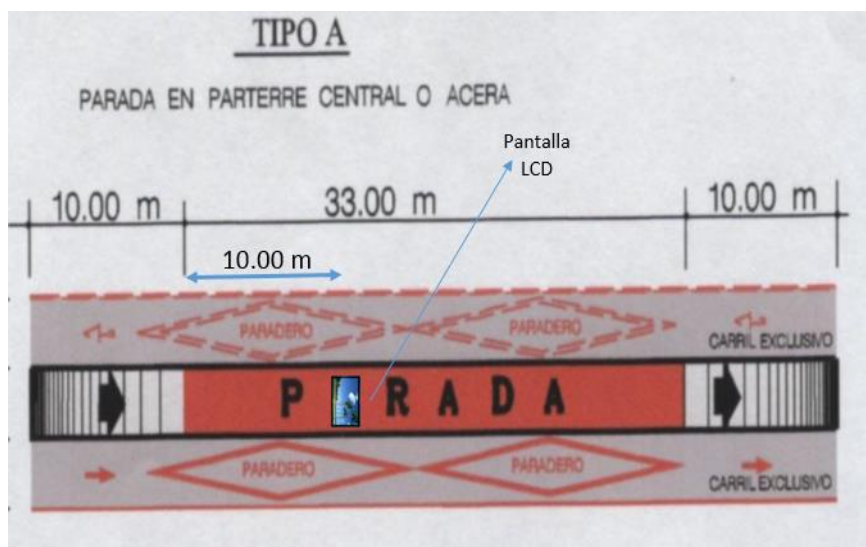


Figura 3.6: Esquema de parada tipo A.

- Parada B: Ocupan la calzada de la vía a los carriles exclusivos, están ubicados en la acera de lado izquierdo con respecto al sentido de circulación. La pantalla se ubicará después del torniquete de entrada del lado de ingreso y salida al transporte público.

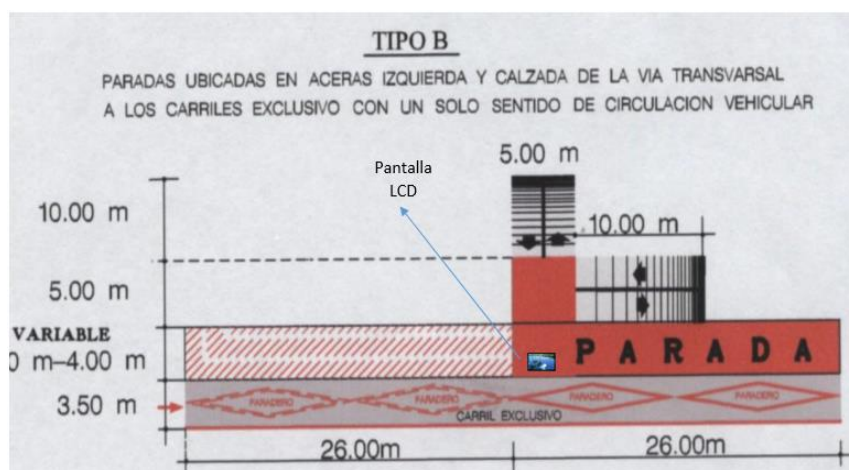


Figura 3.7: Esquema de parada tipo B.

- Parada C: Bajo pasos elevados donde se presentan diferentes niveles con respecto a los carriles exclusivos. Parecido al caso del tipo A los monitores se encontrarán a una distancia de 10 metros de la entrada. En esta ocasión se usarán dos monitores, uno por cada sentido de circulación.

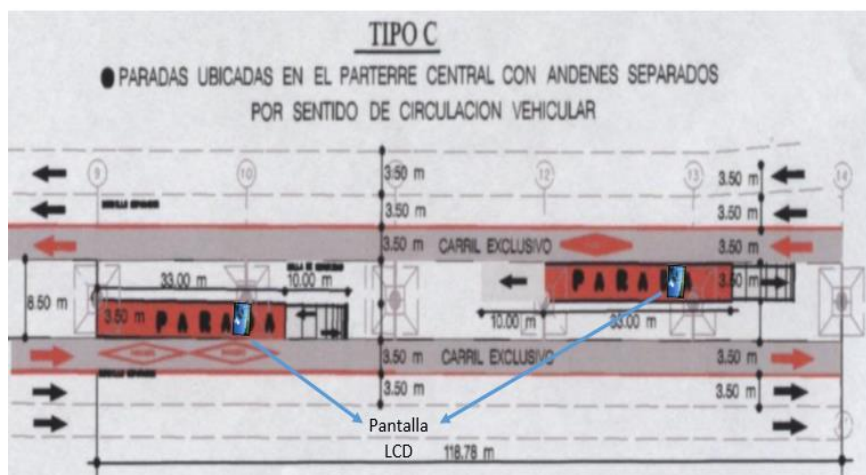


Figura 3.8: Esquema de parada tipo C.

- Parada D: Optimizado para espacios verdes es forma irregular y se ubica en parterres centrales. En este caso es necesario la utilización de cuatro pantallas. Dos a 10 metros de la entrada mirando hacia el exterior de la parada. Dos más en el centro de la estación, cada uno en sentido opuesto, para que sin importar en qué dirección se encuentre el usuario logre visualizar una pantalla.

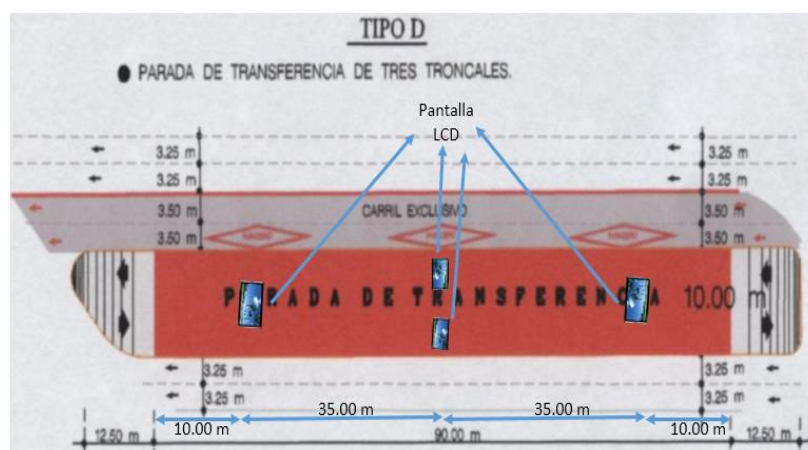


Figura 3.9: Esquema de parada tipo D.

- Parada E: Sirven como paradas de transferencia entre dos o más troncales, se encuentran ubicadas en el centro de la calle. Al igual que en otros casos la pantalla se ubicará a 10 metros de la entrada de los usuarios.

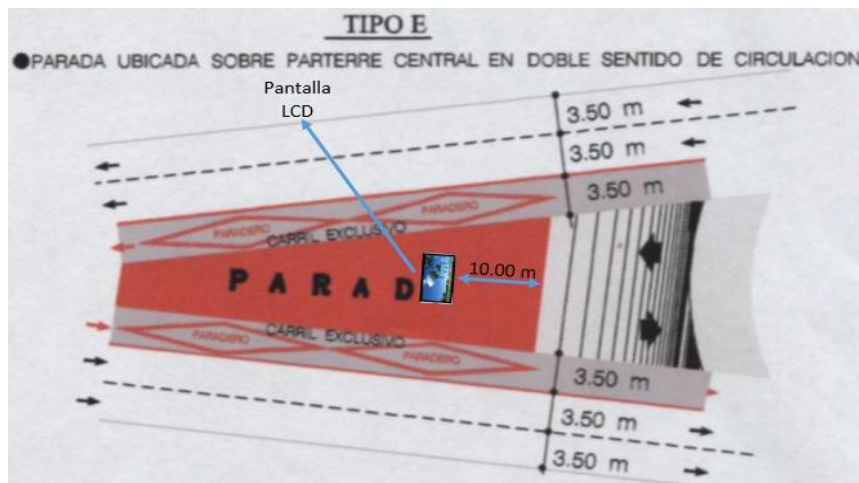


Figura 3.10: Esquema de parada tipo E.

- Parada F: Están localizadas debajo de pasos elevados, las bases se encuentra al mismo nivel de la calzada. La pantalla estará ubicada en muro frente a la entrada de pasajeros.

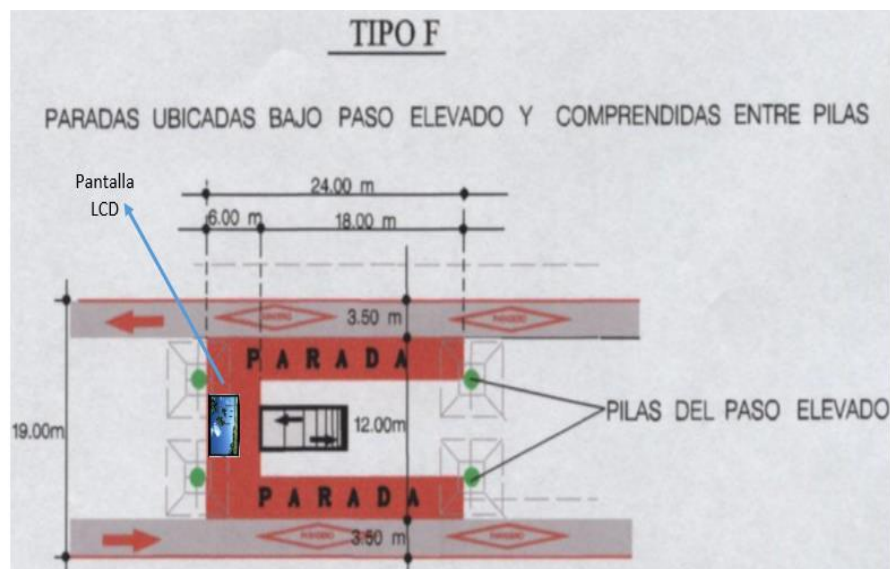


Figura 3.11: Esquema de parada tipo F.

Las estaciones “Universidad de Guayaquil” y “Gallegos Lara” se las ha denominado paradas de Tipo A*. Se les designó este tipo debido a que su longitud es el doble de una estación del tipo A. En este caso especial son necesario dos pantallas, una a 10 metros de la entrada, y la segunda a mitad de la estación.

En las siguientes tablas no se tomaron en cuenta las paradas de integración con el fin de no repetir las. A continuación se muestran dichas paradas que integran los troncales 1 y 2 con su respectiva clasificación.

No	Nombre Parada	Tipo Parada	No. Pantallas
1	Santa Leonor	C	2
2	Base Naval N-S	A	1
3	Base Naval S-N	A	1
4	La Atarazana	F	1
5	Hospital Luis Vernaza	A	1
6	Boca-9	A	1
7	La Catedral	A	1
8	Plaza de la Integración	B	1
9	Correos	A	1
10	Banco Central	B	1
11	Jardines del Malecón	A	1
12	Las Peñas	A	1
13	La Providencia N-S	B	1
14	La Providencia S-N	B	1
15	El Astillero N-S	B	1

16	El Astillero S-N	B	1
17	Hospital León Becerra N-S	B	1
18	Hospital León Becerra S-N	B	1
19	Barrio Centenario N-S	A	1
20	Barrio Centenario S-N	B	1
21	Barrio Cuba N-S	B	1
22	Barrio Cuba S-N	B	1
23	Mercado Caraguay	E	1
24	Cdla. 9 de Octubre	A	1
25	Pradera 1	A	1
26	Pradera 2	A	1
27	Los Tulipanes	A	1
28	Guasmo Central	A	1
29	Floresta 1	A	1
30	Floresta 2	A	1
31	Guasmo Norte	A	1
32	Guasmo Sur	A	1
Total Pantallas			33

Tabla 7: Paradas de la troncal 1

No	Nombre Parada	Tipo Parada	No. Pantallas
1	Aeropuerto	A	1
2	Cdla. Simón Bolívar	A	1
3	Centro de Convenciones	A	1
4	Centro de Convenciones	A	1

5	Aviación Naval	A	1
6	Aviación Naval	A	1
7	Aviación Civil	A	1
8	Aviación Civil	A	1
9	Colegio Aguirre Abad	A	1
10	Coliseo Cerrado	A*	2
11	Colegio San Agustín	A	1
12	Plaza del Centenario	A	1
13	Iglesia La Victoria	A	1
14	Plaza La Victoria	A	1
15	Maternidad E. Sotomayor	A	1
16	Mercado Cuatro Manzanas	A	1
17	Parroquia Bolívar	A	1
18	Hospital del Niño	A	1
19	Estadio Capwell N-S	A	1
20	Estadio Capwell S-N	A	1
21	Bloque del IESS N-S	A	1
22	Bloque del IESS S-N	A	1
23	Plaza de las Artes N-S	A	1
24	Plaza de las Artes S-N	A	1
25	Barrio del Seguro N-S	A	1
26	Barrio del Seguro S-N	A	1
27	Sagrada Familia N-S	A	1
28	Sagrada Familia S-N	A	1

29	Viejo Cangrejal N-S	A	1
30	Mall del Sur	A*	2
31	Hospital del IESS	A	1
32	Cdla. La Sopeña	A	1
Total Pantallas			34

Tabla 8: Paradas de la troncal 2

No	Nombre Parada	Tipo Parada	No. Pantallas
1	García Avilés	A	1
2	Mercado Central	A	1
3	Plaza la Victoria	A	1
4	Esmeraldas	A	1
5	Colegio Vicente Rocafuerte	A	1
6	Universidad Guayaquil	A*	2
7	Cdla. Ferroviaria	A	1
8	Universidad Católica	A	1
9	Bellavista	A	1
10	Las Monjas	A	1
11	Colegio 28 de Mayo	A	1
12	Federación Deportiva del Guayas	A	1
13	Centro de Arte	A	1
14	Mapasingue	A	1
15	Cerros de Mapasingue	A	1
16	Colegio Dolores Sucre	A	1

17	Prosperina	A	1
18	Av. Juan Tanca Marengo	A	1
19	Gallegos Lara	A*	2
20	Florida	A	1
21	Fuerte Huancavilca	A	1
22	Luz del Guayas	A	1
23	Inmaconsa	A	1
Total Pantallas			25

Tabla 9: Paradas de la troncal 3

Nombre Parada	Tipo Parada	No. Pantallas
Integración IESS	D	4
Biblioteca Municipal	A	1
Total Pantallas		5

Tabla 10: Paradas Integradoras de Troncales

La cantidad total de pantallas a utilizar en total entre los Troncales 1,2 y 3 se muestran en la tabla 3.3.

No de pantallas en las estaciones	Guasmo-Terminal Rio Daule	25 de Julio-Rio Daule	Bastión Popular-Centro	Paradas Integradoras	Total
No. Pantallas	33	34	25	5	97

Tabla 11: Total de pantallas

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS FINANCIERO.

En todo proyecto, a más de conocer de qué manera se va a desarrollar, es importante determinar los costos y la inversión necesaria para su implementación, a fin de poder concluir si es viable o no. Así también se analizará los tiempos que tomará la instalación completa del sistema, de modo que esté en funcionamiento totalmente. Se hará el estudio de cuánto costará brindar el servicio de información del tiempo real de los buses de la Metrovía por cada usuario. Con el fin de aminorar costos, se mantendrá el sistema de RVA que actualmente tiene el sistema Metrovía.

4.1. Inversión inicial

Los costos de implementar un sistema de información de tiempo real de arribo de los buses no son muy altos, siempre y cuando no se tome en cuenta el valor de instalar el sistema de RVA.

Descripción	Precio por		Valor Total
	unidad	Cantidad	
Pantalla comercial	\$1.500	97	\$145.500
Soporte Televisores	\$100	97	\$9.700
Raspberry PI	\$70	97	\$6.790
Puntos de red certificados	\$180	97	\$5.820
Mano de obra	\$366	8	\$2.928
Servidor	\$2,500	1	\$2.500
Router	\$300	1	\$300
Laptop	\$1,000	1	\$1.000
Sitio Web	\$1,000	1	\$1.000

Aplicación Móvil	\$500	1	\$500
Licencia del Software de Predicción	\$1,500	1	\$1.500
Personalización Software	\$1,500	1	\$1.500
Capacitación	\$1,000	1	\$1.000
Total			\$180.038,00

Tabla 12: Inversión Inicial del proyecto

4.2. Tiempos de Ejecución del Proyecto

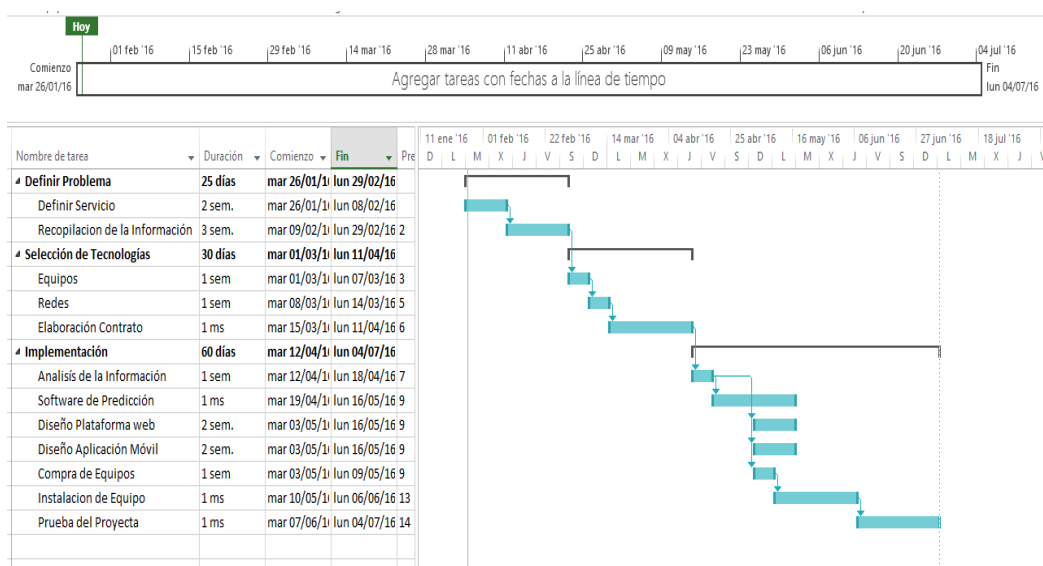


Figura 4.1: Diagrama Gantt.

Una herramienta muy útil al momento de gestionar un proyecto es el Diagrama de Gantt (Figura 4.1). Se logró representar gráficamente nuestras ideas con el fin de planificar el mejor uso de nuestros recursos y tiempos. El tiempo estimado de culminación del proyecto es de aproximadamente 6 meses, tomando en cuenta desde que se definió en problema hasta tener el sistema de predicción totalmente operando.

Inmediatamente después de haber definido el problema se procede a la búsqueda de información necesaria, lo cual tomó un mes en realizarse.

Al finalizar la recopilación de datos se toma un tiempo de 60 días para la selección de equipos, definir la red y elaboración del contrato.

Posteriormente el analista tendrá una semana para analizar la información de los servidores, los cuales almacenan datos de los buses, para integrarlos con el software de predicción.

Hemos estimado un tiempo de un mes para la instalación del software de predicción, mientras se corrige los detalles y hacen las pruebas correspondientes.

A la mitad del tiempo de la instalación del software ya se puede empezar con la elaboración del portal web y de la aplicación móvil.

Después de adquirir los equipos necesarios para mostrar el tiempo de arribo en las paradas se estimó que en un mes se completaría su instalación. Teniendo como meta instalar los componentes en tres paraderos por día.

Al finalizar se toma un mes más para hacer pruebas al sistema, y así corregir cualquier fallo que este pueda tener.

4.3. Gastos del Proyecto

4.3.1. Gastos Mensuales

Proveer la información a los usuarios del tiempo real de arribo de los buses, es una adición al sistema RVA, implementada previamente en el sistema Metrovía, y al ser el Consorcio Transvía el encargado de la actualización tecnológica, lo óptimo será trabajar en conjunto en el centro de monitoreo del consorcio. Al compartir el centro de monitoreo se compartirán los gastos, así que la información mostrada más adelante indica los costos y gastos adicionales que se tendría al implementar este proyecto.

4.3.2. Gastos de Operación – Sueldos

Se consideró contratar a un programador de tiempo con completo con el fin de que esté disponible frente a cualquier problema que se presente.

Descripción	Sueldo mensual
Programador	\$800
Total	\$800

Tabla 13: Gastos de Operación - Sueldos

4.3.3. Gastos Generales

Los valores a continuación son aquellos generados al proporcionar nuestro servicio.

Descripción	Gasto mensual
Energía Eléctrica	\$707.28
Internet	\$30
Total	\$737.28

Tabla 14: Gastos Generales

4.4. Rentabilidad del Proyecto

Lo más importante de un proyecto es el cálculo de su rentabilidad, por muy buena que sea la idea si el proyecto no es rentable no se podrá implementar debido a que los inversionistas y expertos analizan tanto el problema que resuelve el proyecto como su evaluación económica. Un proyecto dirigido a un uso masivo requiere de una inversión muy grande, así que por medio del cálculo del Valor Actual Neto (VAN) y del análisis costo - beneficio, se podrá concluir si un proyecto es viable o no. Para más detalle Anexo 3.

VALORES	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36
Flujo de Caja	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)
Acumulado	\$ (200.085,36)	\$ (220.132,72)	\$ (240.180,08)	\$ (260.227,44)	\$ (280.274,80)

Tabla 15: Flujo neto proyectado

4.4.1. Cálculo del Valor Actual Neto

El valor Actual Neto es usado para conocer si la proyección del proyecto en un tiempo futuro, en este caso 5 años, producirá ganancias, pérdidas o se mantendrá nulo. El valor del VAN se conocerá al traer esos valores futuros al presente.

Adicional se consideró una tasa de interés del 12% como caso extremo, teniendo en cuenta que en el mercado actual se maneja el 10%. El VAN calculado es de \$ (252.304,25), lo que es lógico debido a que nuestro proyecto no tiene ingresos por ser un servicio gratuito que brinda el Sistema Metrovía, como ya antes mencionado. De modo que antes de tomar una decisión acerca de su implementación, se debe analizar el beneficio vs costo.

4.4.2. Análisis Costo-Beneficio

Al no tener ingresos, no es posible calcular una Tasa Interna de Retorno (TIR), por lo que lo más recomendable es hacer un análisis costo-beneficio. El análisis determina qué fragmento de lo que paga un usuario en su tarifa, está dirigido para la implementación y desarrollo de este proyecto. Para esto se hizo una proyección del aumento de la cantidad de pasajeros del Sistema Metrovía basados en el aumento que ha tenido el Sistema en sus años de operación. Se estimó un aumento del 2% anual como caso extremo lo que genera una suma de 1, 056' 978,802 pasajeros tomando en cuenta el período del 2015 al 2020. Al realizar el análisis costo-beneficio se obtuvo el servicio tendría un costo por pasaje de \$ 0,00023870 incluido en su tarifa para obtener un sistema de información del tiempo real de arribo de los buses del Sistema Metrovía. Para más detalle Anexo 4.

4.4.3. Viabilidad del Proyecto

Se considera que el proyecto es **viable**, debido a que la inversión es ínfima para la cantidad de pasajeros que serán beneficiados con el servicio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Se califica al proyecto como altamente viable, dada la inversión por pasajero que se obtuvo en el análisis costo-beneficio. El Sistema Metrovía por medio del Consorcio Transvía, al ofrecer este servicio de forma gratuita, generaría gran impacto en sus usuarios a una inversión que está por debajo del 3% de \$0,01 por pasaje pagado en una proyección de 5 años.
2. Por medio del diagrama de Gantt se observa que la implementación del servicio de brindar información del tiempo real de arribo de los buses a los usuarios del Sistema Metrovía es relativamente corto, pues el tiempo de ejecución es de 6 meses. Se ha decidido ofrecer un periodo de prueba del sistema dentro el tiempo de ejecución para garantizar su correcto funcionamiento.
3. La complejidad del proyecto se da en la elaboración del software de estimación del tiempo de arribo de los buses. Para elaborar el software es necesario plantear un algoritmo de predicción, dependiendo de cuan óptimo es el algoritmo se obtiene la precisión del tiempo estimado de arribo. Se necesitan modelos matemáticos y estadísticos para su realización.
4. Se estima que la tasa de satisfacción de los usuarios crezca con la incorporación del beneficio de información del tiempo estimado de arribo de los buses y dado que uno de los objetivos de calidad del Sistema Metrovía es incrementar la tasa de satisfacción de sus usuarios, se considera que es conveniente implementar este proyecto.
5. Para el análisis de la cantidad de datos que al mismo tiempo solicitarán el requerimiento al servidor encargado del algoritmo de predicción, se tomaron en cuenta los datos estadísticos del INEC en la categoría TIC del año 2013 para obtener el porcentaje de futuros usuarios. El cálculo del ancho de banda para que el servidor no colapse es de 4,3Mbps.

Recomendaciones

1. Se recomienda para una siguiente fase expandir los medios de información. EL proyecto analizó el uso de Página Web, Aplicación Móvil y la instalación de pantallas LCD en las paradas. Con lo descrito en el capítulo 2 existen más medios para brindar información que se pueden implementar y crearían un impacto positivo en los usuarios del Sistema Metrovía, tales como kiosks, letreros electrónicos en paradas y mensajes texto. Este último es el más accesible a los usuarios y podría generar algo de ingreso al trabajar en conjunto con una operadora de telefonía móvil.
2. Para que los usuarios conozcan del servicio, es recomendable que se realicen campañas publicitarias del sistema. Las campañas se pueden realizar tanto en las paradas del sistema Metrovía como en Internet, con la ayuda de redes sociales, tales como Facebook y twitter.
3. Dado que el tráfico es variable en una ciudad tan congestionada como lo es Guayaquil, se sugiere tener un periodo de prueba de al menos 3 meses para obtener mayor cantidad de datos y a su vez mayor precisión en las predicciones del tiempo de arribo.

BIBLIOGRAFÍA

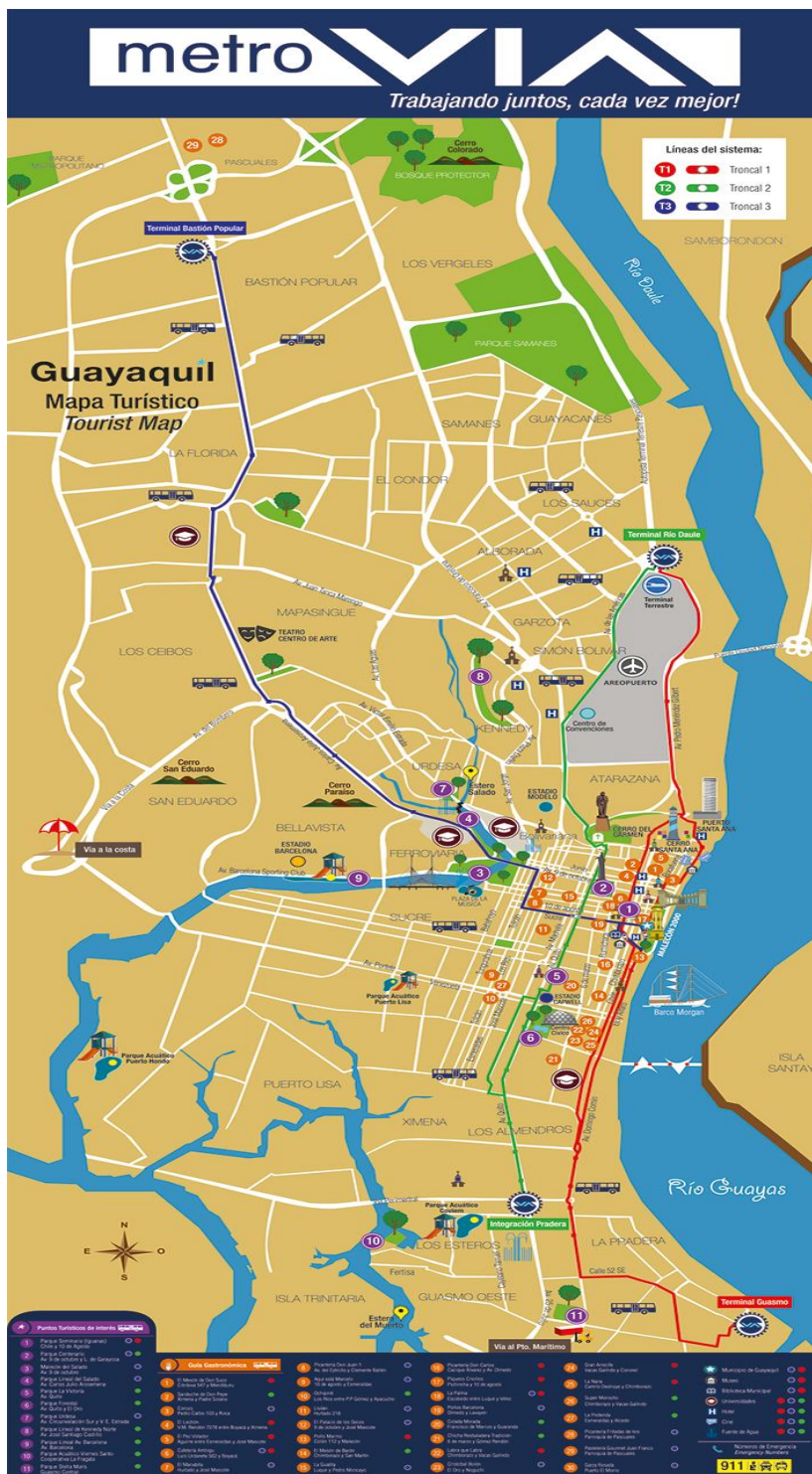
- [1] Metrovía, «Rendición de Cuentas,» Fundación Municipal Transporte Masivo Urbano de Guayaquil, Guayaquil, 2014.
- [2] El Universo, «Coastman Ecuador,» 2013. [En línea]. Available: <http://coastmanecuador.com/municipio-se-enfoca-a-hacer-de-guayaquil-una-ciudad-digital/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [3] RLA Geosystems, Inc., «AVL Automatic Vehicle Location System,» Agosto 2015. [En línea]. Available: <http://www.vehiclelocationsystem.com>.
- [4] «Gps de montaña,» Marzo 2014. [En línea]. Available: <http://www.gpsdemontana.com/2014/03/que-significa-que-un-gps-tenga-hotfix-y.html>. [Último acceso: 10 Enero 2016].
- [5] J. B.-Y. Tsui, Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach, John Wiley & Sons, Inc, 2000.
- [6] E. Kaplan y C. Hegarty, de *Understanding GPS: Principles and Applications*, Londres, Artech House, 2006, p. 554.
- [7] D. R. Nelson, «The Global Positioning System,» *Via Satellite*, 1999.
- [8] D. V. Glotov, «Global Navigation Satellite System (GLONASS),» Central Research Institute of Machine Building, Metsovo, Grecia, 2009.
- [9] OBD Solutions, «On-Board Diagnostics,» Enero 2002. [En línea]. Available: <http://www.obdsol.com/knowledgebase/on-board-diagnostics>. [Último acceso: Octubre 2015].
- [10] J. Schiller, Mobile Communications, Segunda ed., Great Britain: Pearson Education Limited, 2003, pp. 126-127.
- [11] Emtrac, «Emtrac,» [En línea]. Available: <http://www.emtracsystems.com/transit.html>. [Último acceso: 10 Enero 2016].

- [12] Transportation Cooperative Research Program, «Real-Time Bus Arrival Information,» Transit Research Board, Washington DC, 2008.
- [13] A. Aguirre, «Guayaquil Caliente,» [En línea]. Available: http://www.guayaquilcaliente.com/archives/2008/04/_la_publicidad_sube_a_la_metrovia_con_su_circuito_de_tv.html. [Último acceso: 2 Diciembre 2015].
- [14] L. Viera, «Radio Huancavilca,» 16 Julio 2014. [En línea]. Available: <http://radiohuancavilca.com.ec/noticias/2014/07/16/monitores-de-paradas-de-metrovia-ofrecen-informacion/>. [Último acceso: 2 Diciembre 2015].
- [15] NextBus, «Washington Metropolitan Area Transit Authority,» [En línea]. Available: http://www.wmata.com/rider_tools/nextbus/arrivals.cfm. [Último acceso: 14 Enero 2016].
- [16] Bus Checker™, «Google Play,» [En línea]. Available: https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fatattitude.buschecker&referrer=utm_source%3Dbcwebsite%26utm_medium%3Dlink%26utm_campaign%3Dstandard. [Último acceso: 14 Enero 2016].
- [17] J. Neira, «Empresa El Mercurio S.A.P.,» Emol, 19 Enero 2012. [En línea]. Available: <http://www.emol.com/noticias/tecnologia/2012/01/19/522358/transantia-go-por-sms-se-podra-consultar-gratis-cuanto-falta-para-que-llegue-el-bus-al-paradero.html>. [Último acceso: 2 Diciembre 2015].
- [18] L. Taggart, «Digital Signage Federation,» 30 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://www.digitalsignagefederation.org/memberprofiles/1545434>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [19] R. Dejan, B. Predic y M. Vladan , «Online and Post-processing of AVL Data in Public Bus Transportation,» *WSEAS TRANSACTIONS on INFORMATION SCIENCE & APPLICATIONS*, vol. 5, nº 3, p. 229, 2008.

- [20] Fundación Metrovía, «Metrovía,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.metrovia-gye.com.ec/fundacionmetrovia>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [21] Instituto Nacional de Estadística y Censo, «Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC´S) 2013,» Ecuador, 2013.
- [22] ITS International, «ITS International,» Diciembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.itsinternational.com/categories/travel-information-weather/features/developments-in-travel-information-display-systems/>. [Último acceso: 2 Febrero 2016].
- [23] Global BRT Data, «Global BRT Data,» 2015. [En línea]. Available: http://brtdata.org/location/latin_america/ecuador/guayaquil. [Último acceso: 30 Noviembre 2015].
- [24] Fundacion Metrovía, «Metrovía,» 2015. [En línea]. Available: <http://www.metrovia-gye.com.ec/politicas>. [Último acceso: 25 Noviembre 2015].
- [25] Fundacion Metrovía, «Metrovía,» Junio 2013. [En línea]. Available: <http://www.metrovia-gye.com.ec/PDF/produccion.html>. [Último acceso: 26 Noviembre 2015].
- [26] F. Glinski, «Sistema de Contratación - Modelo Metrovía de Guayaquil,» de *Congreso SIBRT*, Guayaquil, 2011.
- [27] V. P. Carol L. Schweiger, «Public Transportation,» TranSystems Corporation, Boston, MA, USA, 2011.

ANEXOS

Anexo 1: Mapa Rutas Metrovía



Anexo 2: Equipos instalados en el Sistema Metrovía.

Equipos del Sistema Bea		
Equipo	Nombre	Descripción
	BEA-SAC Validador de Tarjeta Inteligente	Este validador de tarjeta inteligente permite procesar la información guardada en la misma tarjeta para identificar cada transacción y pago realizado. Versiones disponibles con GPS y GPRS. Se puede colocar <i>A bordo del bus o en torniquete de ingreso y garita de estaciones de BRT y Metro.</i>
	BEA-RT Barras Contadoras de Pasajeros	El contador de pasajeros BEA patentado, registra la fecha y hora de subidas y bajadas de pasajero así como los bloqueos. Integra además las funcionalidades de GPS, GPRS lo que permite el monitoreo en tiempo real en ambiente web. También es configurable para detectar: excesos de velocidad, RPM, hora de encendido y apagado del motor, etc.
	BEA-VRT Máquina de Venta y Recarga de Tarjeta Inteligente.	Acepta monedas y billetes. La compra y recarga de tarjetas inteligentes se ofrece en versiones diversas según requerimientos. Cuentan con sistemas de telefonía e internet para permitir la actualización de valor de la recarga en tiempo real.
	BEA-TOR Torniquete Inteligente	Puede ser instalado en los accesos de las estaciones de Metro y estaciones de BRT. Todas las transacciones son registradas y pueden ser transferidas en tiempo real al sistema central. Versión Dual disponible para aceptar tanto monedas como tarjeta inteligente sin contacto.

Equipos del Busmatick Group		
Equipo	Nombre	Descripción
	LITE ® (Light Integrated Ticketing Equipment)	<p>LITE es consola de conductor, funciona como un computador a bordo. En definitiva, LITE es el elemento principal del Sistema Integral de Gestión y Localización de Vehículos. De muy fácil instalación que provee todas las funcionalidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Permite mantener localizado al vehículo con su receptor GPS. • Informa en tiempo real de todos los parámetros del servicio: velocidad, última parada, ocupación, alarmas, etc. • Permite la comunicación de datos y voz entre el centro de control y el vehículo.
	BtkOffice	<p>Si dispone de conectividad on-line, le permitirá conocer en todo momento la ubicación de su flota y empleados, además de contactarlos mediante la mensajería integrada. La información proveniente de las ventas es enviada automáticamente a múltiples formatos para su posterior proceso. En su configuración ideal debe disponerse de un equipo servidor que ejecutará los servicios de BtkServer, BtkCollector y MySQL, y otros equipos para estaciones de trabajo que puedan conectarse remotamente al servidor.</p>
		

Anexo 3: Flujo Neto Acumulado Cálculo del VAN

FLUJO DE CAJA						
VALORES	año 0	año 1	año 2	año 3	año 4	año 5
Ingresos	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	\$ 180.038,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Gastos	\$ -	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36	\$ 20.047,36
Flujo de Caja	\$ (180.038,00)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)	\$ (20.047,36)
Acumulado		\$ (200.085,36)	\$ (220.132,72)	\$ (240.180,08)	\$ (260.227,44)	\$ (280.274,80)

Valor Actual Neto	\$ (252.304,25)
Tasa de Descuento	12%
Pasajes Cobrados	1,056'978,802
Inversión x Pasajero	\$ 0,00023870

Anexo 4: Análisis Costo-Beneficio

TOTAL DE PASAJES PAGADOS

AÑO	METROQUIL	METROEXPRESS	METROBASTION	TOTAL
2006	12,344,781	-	-	12,344,781
2007	36,156,868	-	-	36,156,868
2008	40,840,935	-	30,793,881	71,634,816
2009	40,974,296	-	50,496,765	91,471,061
2010	43,093,271	-	51,089,814	94,183,085
2011	44,379,219	-	52,678,910	97,058,129
2012	43,490,350	-	52,393,477	95,883,827
2013	51,901,140	38,668,969	54,260,281	144,830,390
2014	56,195,736	51,432,189	56,645,039	164,272,964
TOTAL	369,376,596	90,101,158	348,358,167	807,835,921

VARIACIÓN PORCENTUAL DE PASAJES PAGADOS

AÑO	METROQUIL	METROEXPRESS	METROBASTION
2007	192.89%	0.00%	0.00%
2008	12.95%	0.00%	0.00%
2009	0.33%	0.00%	63.98%
2010	5.17%	0.00%	1.17%
2011	2.98%	0.00%	3.11%
2012	-2.00%	0.00%	-0.54%
2013	19.34%	0.00%	3.56%
2014	8.27%	33.01%	4.40%
PROMEDIO	6.72%	33.01%	2.34%

ESTIMACIÓN DE PASAJES PAGADOS

AÑO	METROQUIL	METROEXPRESS	METROBASTIÓN	TOTAL
2015	57,319,651	52,460,833	57,777,940	167,558,423
2016	58,466,044	53,510,049	58,933,499	170,909,592
2017	59,635,365	54,580,250	60,112,169	174,327,784
2018	60,828,072	55,671,855	61,314,412	177,814,339
2019	62,044,633	56,785,293	62,540,700	181,370,626
2020	63,285,526	57,920,998	63,791,514	184,998,039
TOTAL	361,579,290	330,929,279	364,470,233	1,056,978,802

Anexo 5: Diagrama de Gantt

