

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**SECCIÓN DE POST-GRADO**



**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**  
**PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD**  
**URBANA**

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS  
CON MENCIÓN EN INGENIERÍA DE TRANSPORTES

**ING. ROCIO ESPINOZA VENTURA**

**LIMA – PERÚ**

**2008**

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA  
MOVILIDAD URBANA**

**ING. ROCIO ESPINOZA VENTURA**

Presentado a la Sección de Post-Grado de la Facultad de Ingeniería Civil, en  
cumplimiento parcial de los requerimientos para el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS CON MENCIÓN EN INGENIERIA DE TRANSPORTES**

de la

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

Octubre del 2008

**Autora:**

**ING. ROCIO ESPINOZA VENTURA  
Facultad de Ingeniería Civil  
Octubre del 2008**

**Recomendado por:**

**DR. ING. JOSÉ CARLOS MATIAS LEÓN  
Profesor de Post-Grado  
Asesor de Tesis**

**Aceptado por:**

**DR. ING. JOSÉ CARLOS MATIAS LEÓN  
Jefe de la Sección de Post-Grado**

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la fe y la salud para seguir con el cumplimiento de mis objetivos trazados en la vida.

A mis padres Raúl y Graciela, por el aliento constante para seguir adelante, por demostrarme que los frutos se consiguen con esfuerzo, por su constante apoyo en todo momento y por ser el principal pilar de mi carrera y de mi vida.

A mi hermana Patty, por su apoyo y comprensión en todos los momentos que nos ha tocado vivir.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ing. Alvaro Lezama Figueroa un agradecimiento especial por su apoyo incondicional en todo este tiempo y por el continuo incentivo para el desarrollo de la presente tesis.

Al Dr. Ing. José Carlos Matias León, Ing. Rómulo Chinchay, Ing. Iber Gómez Ari que revisaron el contenido de la tesis y/o proporcionaron valiosos comentarios y sugerencias durante su desarrollo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC) por el apoyo económico brindado y la confianza depositada en mi.

A mis profesores, ingenieros y personal administrativo de esta casa de estudios

Así mismo a mis familiares y amigos.

*La Autora*

## **RESUMEN**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) son tecnologías de información y control, los cuales se han aplicado e integrado a sistemas de transporte para mejorar su operación. Esta es una amplia definición, que permite recoger la enorme diversidad de aplicaciones existentes, en investigación o desarrollo, que tienden a otorgar seguridad, ahorrar tiempo y recursos a los usuarios de los sistemas de transporte.

Dentro de la gama de tecnologías SIT nos enfocaremos a la Gestión del Transporte, donde nuestros objetivos están dirigidos a reducir los niveles de congestión, mejorar la velocidad, aumentar los niveles de seguridad para los peatones y reducir los niveles de contaminación en la avenida Arequipa de la ciudad de Lima, Perú.

De los resultados obtenidos en los niveles de congestión (movilidad) se reducirá las demoras en intersecciones hasta en un 44%, con la sincronización se aumentará la velocidad de viaje a 45km/h y se espera que se reduzca el tiempo de viaje en un 18%. Con la inclusión de la fase para peatones en el diseño semafórico y con la ampliación del cruceo peatonal mejorará la seguridad al peatón y se espera la reducción del 22% en contaminación ambiental. Todo esto será monitoreado por el centro de control de tráfico que mantendrá al sistema con información en tiempo real.

## **ABSTRACT**

The Intelligent Transportation Systems (ITS) are technologies of information and control, which have been applied and integrated in transportation systems to improve their operation. This is a broad definition that involves the enormous diversity of existing applications in research and development, which provide safety and save time and resources of the users of transportation systems.

Within the range of ITS technologies we will focus on Transportation Management, our goals being reducing the levels of congestion, improve the speed, increase levels of pedestrian safety and reduce pollution levels in Arequipa avenue, in Lima, Perú.

The results in levels of congestion (mobility) show that delays at intersections will be reduced up to 44%, with synchronization the speed of travel will increase to 45km/h and it is expected to shorten the travel time by 18%. The inclusion of a phase for pedestrians in the design of traffic lights and the modification of pedestrian crossings will improve pedestrian safety. A 22% reduction in environmental pollution is expected. All this will be monitored by the traffic control center, which will keep the system with real-time information.

## **INDICE DE CONTENIDOS**

RESUMEN.....	5
ABSTRACT .....	6
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS, GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS .....	10
RELACIÓN DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....	13
INTRODUCCIÓN .....	16

### **CAPÍTULO I**

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.1 Análisis de la situación problema.....	17
1.1.1 Gestión de Transporte y Tránsito.....	17
1.1.2 Congestión .....	18
1.1.3 Velocidad de viaje .....	20
1.1.4 Seguridad Vial.....	21
1.1.5 Contaminación Ambiental.....	24
1.1.6 Administración del Transporte Urbano en Lima .....	30
1.2 Propuesta a desarrollar .....	33
1.2.1 Objetivos.....	33
1.2.2 Justificación.....	33
1.2.3 Alcances de la investigación.....	33
1.2.4 Limitaciones .....	33
1.2.5 Estudio de Caso .....	34
1.2.6 Hipótesis.....	34
1.3 Conclusiones .....	34

### **CAPITULO II**

ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE .....	35
2.1 Fundamentos teóricos .....	35
2.1.1 Definición de SIT .....	35
2.1.2 Objetivo de SIT.....	35
2.1.3 Metas de SIT .....	35
2.2 Categorías de los sistemas inteligentes de transporte .....	35
2.3 Grupos de servicio al usuario SIT .....	36
2.4 Arquitectura SIT .....	38
2.5 Sistemas inteligentes de transporte en el mundo .....	39
2.5.1 SIT en Europa .....	40
2.5.2 SIT en Japón .....	41
2.5.3 SIT en Estados Unidos de America .....	42
2.5.4 SIT America Latina.....	43
2.5.4.1 SIT Chile .....	43
2.5.4.2 SIT Argentina .....	44
2.5.4.3 SIT Perú.....	45
2.6 Conclusiones .....	47

### **CAPÍTULO III**

GESTIÓN DE TRANSPORTE URBANO .....	48
3.1 Objetivos .....	48
3.2 Funciones esenciales de la gestión de transporte .....	48
3.3 Clases de sistemas de gestión.....	49
3.3.1 Sistemas de semáforos .....	49
3.3.1.1 Estimación del estado del sistema.....	49
3.3.1.2 Determinación de la estrategia de gestión .....	50
3.3.1.3 Ejecución de la Estrategia de Gestión .....	51
3.3.2 Sistemas de gestión de la vía.....	52
3.3.2.1 Técnicas para la estimación del estado del sistema.....	52
3.3.2.2 Determinación de la Estrategia de Gestión .....	53
3.3.2.3 Información al viajero con medios de difusión .....	54
3.4 Evaluación de la estrategia de gestión .....	56
3.5 Conclusiones.....	59

### **CAPÍTULO IV**

APLICACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN DE TRANSPORTE EN EL MUNDO .....	60
4.1 Efectos de la aplicación del sistema gestión del transporte .....	60
4.2 Aplicación de los sistemas de gestión del transporte en el mundo .....	61
4.2.1 Europa – Inglaterra, Southampton: Romanse .....	62
4.2.2 América- Estados Unidos, Texas: Transtar .....	63
4.2.3 América – Chile, Santiago: Scoot.....	64
4.2.4 América – Argentina, Rosario: centro de control de tránsito.....	65
4.2.5 América – Perú, Lima: Olas verdes y Centro de control Callao.....	66
4.2.5.1 En Lima: Olas verdes .....	66
4.2.5.2 En el Callao: Centro de control Callao.....	68
4.3 Conclusiones .....	70

### **CAPÍTULO V**

CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES VÍAS EN LIMA METROPOLITANA Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS SIT- GESTIÓN DE TRANSPORTE.....	71
5.1 Caracterización de las principales vías en Lima metropolitana.....	72
5.1.1 Avenida Graú .....	72
5.1.2 Avenida Arequipa .....	73
5.1.3 Avenida Petit Thouars.....	74
5.1.4 Intersección: av. Tomas Marsano – av. Caminos del Inca.....	75
5.2 Alternativas tecnológicas SIT – Gestión de Transporte .....	76
5.2.1 Equipos SIT - Gestión de Transporte.....	76
5.2.1.1. Control de tráfico en las intersecciones.....	76
5.2.1.2 Guía dinámica en ruta .....	79
5.2.1.3 Señales de mensaje variable .....	82
5.3 Conclusiones .....	85



## **CAPÍTULO VI**

### **SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE – SIT**

AREA DE ESTUDIO AV. AREQUIPA .....	86
6. Características de la av. Arequipa .....	86
6.1. Descripción .....	86
6.1.1 Uso de suelo y crecimiento urbano en el eje de estudio .....	87
6.1.2 Tipos de uso del suelo del área de estudio .....	93
6.1.3 Puntos de intercambio o transferencia.....	95
6.1.4 Transporte público .....	95
6.1.5 Capacidad de utilización vehicular de las unidades de transporte .....	97
público .....	97
6.1.6 Infracciones de tránsito.....	100
6.2. Situación actual .....	105
6.3. Planteamiento de sistemas de transporte inteligente (SIT) en Gestión de Transporte .....	107
6.3.1 Estimación del estado del sistema .....	107
6.3.1.1 Congestión (movilidad).....	107
6.3.1.1.1 Flujos vehiculares (conteos).....	107
6.3.1.1.2 Flujos peatonales.....	118
6.3.1.1.3 Flujo de ciclistas.....	124
6.3.1.2 Velocidad de viaje .....	125
6.3.1.3 Seguridad vial.....	125
6.3.1.4 Contaminación ambiental.....	127
6.3.2 Determinación de la estrategia de gestión.....	130
6.3.2.1 Estrategia .....	130
6.3.2.1.1 Equipos en vías.....	132
6.3.2.1.2 Centro de control de gestión de tránsito .....	135
6.3.2.1.3 Gestión de servicios de información de tránsito .....	152
6.3.2.2 Simulación de la estrategia .....	155
6.3.2.3 Resultados de la estrategia.....	157
6.3.3 Ejecución de la estrategia de gestión.....	159
6.3.4 Evaluación de la estrategia de gestión .....	159
6.4 Conclusiones .....	159
CONCLUSIONES.....	160
RECOMENDACIONES .....	162
BIBLIOGRAFIA .....	164
<b>ANEXOS.....</b>	<b>169</b>
A. Categorías de los sistemas inteligentes de transporte .....	169
B. Sistemas de gestión de la vía .....	174
C. Accidentes de tránsito en av. la Marina .....	176
D. Rutas que circulan por el área de estudio .....	177
E. Capacidad de utilización de las unidades de transporte público .....	180
F. Fichas de los flujos vehiculares .....	182
G. Fichas de los flujos peatonal .....	196
H. Cálculo del nivel de servicio en la ciclo vía .....	200
I. Tipos de accidentes.....	201

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES, TABLAS, GRÁFICOS Y FOTOGRAFÍAS**

### **ILUSTRACIÓN**

	<b>Página</b>
Ilustración 2-1 Arquitectura típica de un SIT .....	38
Ilustración 2-2 Cruceros inteligentes en el mundo.....	39
Ilustración 2-3 Centro de Control de Tránsito .....	45
Ilustración 3-1 Sistemas de gestión en la vía .....	52
Ilustración 3-2 Sistema de cable antena .....	55
Ilustración 3-3 Sistema de antena mono-poste vertical.....	55
Ilustración 6-1 Plano de ubicación .....	86
Ilustración 6-2 Vistas de la Av. Arequipa .....	105
Ilustración 6-3 Horas de Máxima Demanda .....	109
Ilustración 6-4 Sensores en el pavimento .....	133
Ilustración 6-5 Diagrama básico -cámaras CCTV.....	134
Ilustración 6-6 av. Arequipa – av. Alejandro Tirado .....	145
Ilustración 6-7 Diagrama Tiempo- Espacio .....	147

### **TABLAS**

	<b>Página</b>
Tabla 1-1 Velocidad de Viaje Promedio en las Principales Vías durante Periodos Pico (1 h) .....	20
Tabla 1-2 Accidentes de Tránsito en Lima Metropolitana y Callao, 2005.....	22
Tabla 1-3 Emisiones de contaminantes en Lima y Callao en miles de toneladas (ktm./año) .....	25
Tabla 1-4 Importación de vehículos automotores (en unidades) .....	29
Tabla 2-1 Grupos de servicios al usuario - SIT .....	37
Tabla 3-1 Matriz de beneficios SIT basada en los Objetivos .....	58
Tabla 5-1 Flujo vehicular en la pista central de la Av. Miguel Grau .....	72
Tabla 5-2: Efectos sobre el número de accidentes de señales variables .....	84
Tabla 6-1 Uso de Suelo en el área de estudio .....	93
Tabla 6-2 Transporte público en la Av. Arequipa .....	96
Tabla 6-3 Capacidades de Vehículos de transporte público .....	97
Tabla 6-4 Flujo de Pasajeros en la av. Arequipa .....	98
Tabla 6.5 Flujo de Vehicular en la av. Arequipa .....	99
Tabla 6-6 Infracciones a la Normativa en Tránsito y Transporte .....	100
Tabla 6-7 Infracciones al Reglamento Nacional de Tránsito .....	100
Tabla 6-8 Infracciones al Reglamento de Transporte Urbano 2007 .....	101
Tabla 6-9 Infracciones al Reglamento de Transporte Urbano 2008 .....	101
Tabla 6-10 Codificación del Reglamento de Transporte Urbano .....	102
Tabla 6-11 Infracciones al Reglamento de Taxi Metropolitano 2007 .....	103
Tabla 6-12 Infracciones al Reglamento de Taxi Metropolitano 2008 .....	103

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Tabla 6-13 Codificación del Reglamento de Taxi Metropolitano .....	104
Tabla 6-14 Flujos Vehiculares por intersección .....	108
Tabla 6-15 Horas de Máxima Demanda Vehicular .....	109
Tabla 6-16 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (S-N).....	112
Tabla 6-17 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (N-S).....	112
Tabla 6-18 Nivel de servicio por intersección.....	114
Tabla 6-19 Tiempo de ciclo Av. Arequipa.....	116
Tabla 6-20 Demoras en intersección .....	116
Tabla 6-21 Flujos Peatonales en la av. Arequipa .....	118
Tabla 6-22 Factores de Ajuste de la Anchura de las vías Peatonales .....	119
Tabla 6-23 Niveles de Servicio Peatonal en vías peatonales (15 min.) .....	119
Tabla 6-24 Formulario para el análisis de vías peatonales (15 min.) .....	120
Tabla 6-25 Flujo peatonal Av. Arequipa – Ca. Manuel Segura .....	122
Tabla 6-26 Flujo de Ciclista (mañana) .....	124
Tabla 6-27 Flujo de Ciclista (tarde) .....	124
Tabla 6-28 Velocidad Promedio en la Av. Arequipa .....	125
Tabla 6-29 Velocidad Promedio en la Av. Arequipa.....	125
Tabla 6-30 Accidentes de Tránsito en la Av. Arequipa .....	126
Tabla 6-31 Resultados del análisis físico químico de las muestras (otoño de 2000) .....	127
Tabla 6-32 Resultados del análisis físico químico de las muestras (invierno de 2000) .....	127
Tabla 6-33 Resultados del análisis físico químico de las muestras (primavera de 2000) .....	128
Tabla 6-34 Concentración de los contaminantes atmosféricos durante el 2007 – Estación CONACO .....	129
Tabla 6-35 Tiempo de ciclo en el área de estudio.....	143
Tabla 6-36 Tiempos de ciclo – de la sincronización .....	146
Tabla 6-37 Desfase – de la sincronización .....	146
Tabla 6-38 Demoras en Intersecciones – de la sincronización .....	155
Tabla 6-39 Nivel de Servicio – de la sincronización .....	156

### **GRÁFICOS**

### **Página**

Gráfico 1-1 Partición Modal del Transporte en Lima – 2004.....	18
Gráfico 1-2 Número de UCP/día y relación volumen/capacidad en la red vial de Lima – 2004 .....	19
Gráfico 1-3 Accidentes de Tránsito en Lima Metropolitana y Callao, 2005 .....	23
Gráfico 1-4 Emisiones de contaminantes en Lima y Callao en miles de toneladas (ktm./año) .....	26
Gráfico 1-5 Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico sedimentable en la cuenca Atmosférica de Lima-Callao durante el mes de Junio 2008.....	28
Gráfico 1-6 Importación de vehículos automotores (acumulado).....	29
Gráfico 3-1 Funciones Esenciales de la Gestión de Transporte.....	48

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Gráfico 3-2 Evaluaciones basadas en objetivos y metas de transporte .....	57
Gráfico 5-1 Ilustración del nivel de servicio en la Vía Expresa Grau .....	72
Gráfico 6-1 Transporte público en la Av. Arequipa .....	96
Gráfico 6-2 Flujos Vehiculares por intersección.....	108
Gráfico 6.3 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (S-N) .....	113
Gráfico 6.4 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (N-S) .....	113
Gráfico 6-5 Flujo peatonal (av. Arequipa cdra. 14 – Ca. M. Segura).....	122
Gráfico 6-6 Accidentes de tránsito Av. Arequipa .....	126
Gráfico 6-7 Concentración de los contaminantes atmosféricos durante el 2007 – Estación CONACO .....	129
Gráfico 6-8 Monitoreo de la Red – Centro de Control de Gestión de Tránsito .....	131
Gráfico 6-9 Monitoreo de vehículos .....	138
Gráfico 6-10 Sistemas de Control de de Semáforos .....	140
Gráfico 6-11 Planes de Contingencia .....	149
Gráfico 6-12 Sistema de gestión de tránsito a través de la gestión de información.....	151
Gráfico 6-13 Demoras en intersección – de la sincronización.....	155

### **FOTOGRAFÍAS**

### **Página**

Fotografía 5-1 Congestión en avenidas limeñas.....	71
Fotografía 6-1 Av. Arequipa, cdra. ....	88
Fotografía 6-2 Sección Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 1 hasta cdra. 15) .....	88
Fotografía 6-3 Sección Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 15 hasta cdra. 25) .....	89
Fotografía 6-4 Av. Arequipa con Av. Javier Prado (paso a desnivel) .....	89
Fotografía 6-5 Av. Arequipa, vista de la ciclovía después de la intersección con Av. Javier Prado .....	90
Fotografía 6-6 Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 28 hasta cdra. 52) .....	90
Fotografía 6-7 Av. Arequipa con Av. Aramburu .....	91
Fotografía 6-8 Av. Arequipa con Av. Angamos .....	91
Fotografía 6-9 Av. Arequipa, adelante la intersección con el Ovalo de Miraflores .....	92
Fotografía 6-10 Av. Arequipa con Ovalo de Miraflores .....	92
Fotografía 6-11 Uso de Suelo Comercial –av. Arequipa con Óvalo de Miraflores .....	94
Fotografía 6-12 Uso de Suelo Educativo – av. Arequipa cdr.a 9.....	94
Fotografía 6-13 Semaforización en Av. Arequipa con Av. Angamos.....	117
Fotografía 6-14 Semaforización en Av. Arequipa con Óvalo de Miraflores.....	117
Fotografía 6-15 Semaforización Peatonal en Av. Arequipa con Av. Aramburu.....	123
Fotografía 6-16 Semáforos en Av. Arequipa con Av. Bernardo Alcedo.....	123

## **RELACIÓN DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

ADUS	: Archived Data User Service (Servicio al usuario de datos en archivo)
ADVANCE	: Advanced Driver and Vehicle Advisory Navigation Concept (Concepto de navegación avanzada para el asesoramiento al conductor y vehículo)
AHS	: Automated Highway Systems (Sistemas automatizados de carretera)
AISI	: Agency of Industrial Science and Technology (Agencia de ciencia y tecnología industrial)
ALI	: Autofarer Leitung und Information (Sistema de tarifa e información)
AMTICS	: Advanced Mobile Traffic Information and Communication System (El sistema avanzado de información de tráfico y comunicaciones móvil)
ANPR	: Automatic Number Plate Recognition (Reconocimiento automático de números de placas)
APTS	: Advanced Public Transportation Systems (Sistemas avanzados de transporte público)
ARTS	: Advanced Rural Transportation Systems - Sistemas avanzados de transporte rural
ATC	: Advanced Transportation Contralor (Controlador de la señal de tráfico)
ATIS	: Advanced Traveler Information Systems (Sistemas avanzados de información al viajero).
ATMS	: Advanced Traffic Management Systems (Sistemas avanzados de gestión del tránsito)
AVCS	: Advanced Vehicle Control Systems (Sistemas avanzados de control vehicular)
AVL	: Automatic Vehicle Localization (Localización automática de vehículos)
BTR	: Bus Rapid Transit (Autobús de tránsito rápido)
CACS	: Comprehensive Automobile Traffic Control System (Sistema comprensivo de control de tráfico automovilístico de Japón).
CALTRANS	: California Department of Transportation (Departamento de transporte de California)
CCT	: Centro de control de tránsito
CCTV	: Televisión de circuito cerrado
CEC	: Comisión of the European Communities (Comisión de comunidades Europeas)
CITE	: Consortium for ITS Training and Education (Consortio para la capacitación y educación sobre sistemas de transporte inteligentes)
CVO	: Comercial Vehicle Operations (Operaciones de vehículos comerciales)
D.A.	: Decreto de Alcaldía

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

D.L.	: Decreto Ley
D.S.	: Decreto Supremo
DMSs	: Dynamic Message Signs (Señales de mensajes dinámicos)
DRIVE	: Dedicated Road Infrastructure for Vehicle Safety in Europe (Programa de infraestructura de carreteras dedicada a la seguridad vehicular de Europa)
DTA	: Dynamic Traffic Assignment (Asignación dinámica de tráfico)
EOC	: Emergency Operations Center (Centro de operaciones de emergencia)
ERGS	: Electronic Route Guidance System (Sistema de guías electrónicas en ruta)
ERTICO	: European Road Transport Telematics Implementation Coordination Organization (La organización de coordinación de la implementación de telemática de transporte en Europa)
ETC	: Electronic Toll Collection (Cobro electrónico de peaje)
EUREKA	: European Research Coordination Agency (Agencia europea de coordinación de investigaciones)
FMS	: Freeway Management Systems (Sistemas de gestión de autopista)
GIS	: Geographic Information System (Sistemas de información geográfica)
GPS	: Global Positioning System (Sistemas de posicionamiento global)
HAR	: Highway Advisory Radio (Radio aviso de carreteras)
HOV	: High Occupancy Vehicle (Vehículos de alta ocupación)
ITS	: Intelligent Transportation System (Sistema inteligente de transporte)
IVHS	: Intelligent Vehicle/Highway Systems (Sistemas inteligente de carreteras/vehículos)
MITI	: Ministry of international Trade and Industry (Ministerio de comercio internacional e industrial)
MPT	: Ministry of Post and Telecommunications (Ministerio de correos y telecomunicaciones).
NOK	: Coronas noruegas (Unidad monetaria de Noruega)
Pb	: Plomo
PDA's	: Personal Digital Assistants (Asistente digital personal)
PROMETHEUS	: Program for European Traffic with Highest Efficiency and Unprecedented Safety (Programa para el tránsito europeo con la más alta eficiencia y seguridad sin precedentes)
PTS	: Partículas Totales en Suspensión
PAS	: Polvo Atmosférico Sedimentable
RACS	: Road/Automobile Communication System (Sistema de comunicación de carretera/automóvil)
RIMS	: Incident Management System (Sistema de gestión de incidentes regionales)
ROMANSE	: Road Management System for Europe (Sistema de gestión de vías)

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

	para Europa)
RTMS	: Remote Traffic Microwave Sensor (Sensor de micro-ondas con detector remoto)
SAE	: Sistemas de Ayuda a la Explotación en España
SCAT	: Sistema de Control de Área de Tráfico para Santiago
SIT	: Sistema Inteligente de Transporte
US DOT	: United States Department of Transportation (Departamento de Transporte de los Estados Unidos)
UOCT	: Unidad Operativa Control de Tránsito
UTC	: Urban Traffic Control (Control de tráfico urbano)
UCL	: Unidad de control local
VERTIS	: Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society (Sociedad de vehículos, carreteras y tránsito inteligentes)
VICS	: Vehicle Information and Communication System (El sistema de información y comunicación vehicular)
VIVD	: Video Vehicle Detection (Detección de vehículos por video)
VMS	: Variable Message Signs (Señales de mensajes variables)

## **INTRODUCCIÓN**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) están constituidos por un amplio conjunto de tecnologías aplicadas e integradas a sistemas de transporte para otorgar seguridad, ahorrar tiempo y recursos a los usuarios. Mediante la aplicación del SIT-Gestión del transporte permitirá reducir las detenciones y demoras en las intersecciones, reducir los niveles de contaminación, mejorar la velocidad vehicular, seguridad vial y optimizar la capacidad de la vía proporcionando un intercambio de información en tiempo real.

La necesidad de implantar un SIT - Gestión del Transporte se ve justificado para superar los altos niveles de congestionamiento que en la av. Arequipa llegan hasta un nivel de servicio F, los accidentes de tránsito que van en aumento, la contaminación ambiental que supera los límites permisibles y las bajas velocidades que llegan a menos de 20km produciendo mayores tiempos de viaje a la población que hace uso de esta vía.

Toda esta información fue organizada en la presente tesis titulada "Sistema Inteligente de Transporte para optimizar la movilidad urbana" la cual se divide en seis capítulos distribuidos de la siguiente manera:

En el capítulo I se presenta la metodología de investigación, los objetivos, alcances y la hipótesis de investigación.

En el capítulo II se encuentra el estado de arte de los sistemas de transporte inteligente, sus fundamentos teóricos, categorías de los sistemas de transporte inteligente, grupos de servicio al usuario y arquitectura SIT.

En el capítulo III nos centralizaremos en el Sistema de Gestión de Transporte, sus objetivos, funciones esenciales, clases, costos asociados, desafíos y claves de éxito.

En el capítulo IV esta referido a los sistemas de transporte inteligente implementados en el mundo como en Europa, Japón, EE.UU., Chile, Argentina, y Perú. Así como también ejemplos de aplicación de sistemas de gestión de transporte en el mundo.

En el capítulo V esta referido a la caracterización de las principales vías de Lima metropolitana y las alternativas tecnológicas SIT requeridos para la implementación de sistema de transporte inteligente.

Finalmente en el VI capítulo se trata el caso de estudio y se presentan las conclusiones y recomendaciones.



## **CAPÍTULO I**

### **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.1 Análisis de la situación problema**

##### **1.1.1 Gestión de Transporte y Tránsito**

La Municipalidad Metropolitana de Lima y la Municipalidad Provincia del Callao son los entes encargados de la gestión y administración del transporte y tránsito en sus respectivas jurisdicciones.

##### **a) Plan Regulador de Rutas**

El Plan Regulador de Rutas tiene los siguientes antecedentes:

- D.L. 651 del 24.07.91, mediante el cual se liberalizaron las rutas de transporte público, propicio la saturación de las principales vías de la ciudad. Se hizo sentir de inmediato en todos los sectores de la ciudad, y con gravedad en zonas altamente congestionadas como el centro histórico.
- D.S. N° 010-92-TCC del 18.09.92. Determinó que los Municipios Provinciales en un plazo de 60 días formulen el Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano Lima.
- D.A. N° 054-93 del 25.05.93. Se aprobó el Plan Regulador de Rutas de Transporte Urbano.

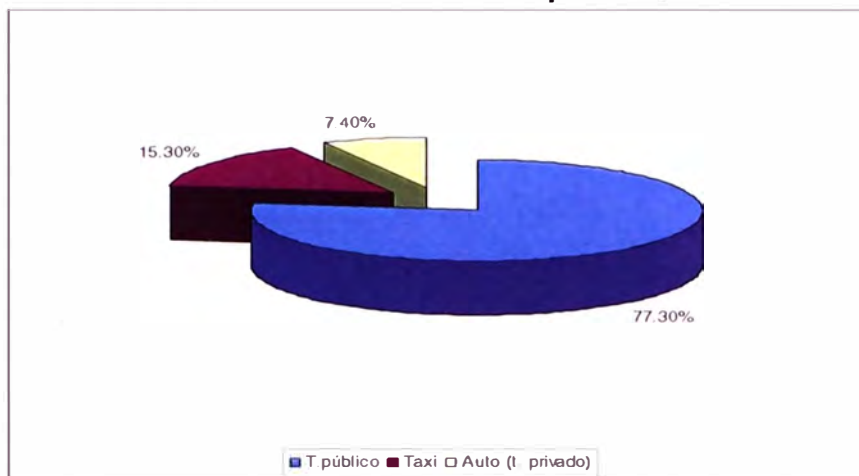
##### **b) Número de Rutas**

Las rutas de buses se encuentran autorizadas bajo la jurisdicción de la GTU (Lima) y la DGTU (Callao). Según el Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, indica que el número total de las rutas de buses, después de eliminar una duplicidad recíproca entre las dos ciudades de 120 rutas es de 574 a Enero 2004, de las cuales 431 rutas han sido autorizadas en Lima y 263 en el Callao.

##### **c) Partición Modal**

Según el Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao la partición modal del transporte público es de 77.3%, taxi 15.3% y transporte privado 7.4% (ver Gráfico 1-1)

**Gráfico 1- 1 Partición Modal del Transporte en Lima – 2004**



Fuente: Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2005

### 1.1.2 Congestión

En los últimos años a medida que se incrementa el uso del vehículo, la congestión vehicular es un hecho de ocurrencia diaria en muchos tramos de las redes de transporte de Lima. Las principales causas de la congestión están caracterizadas por:

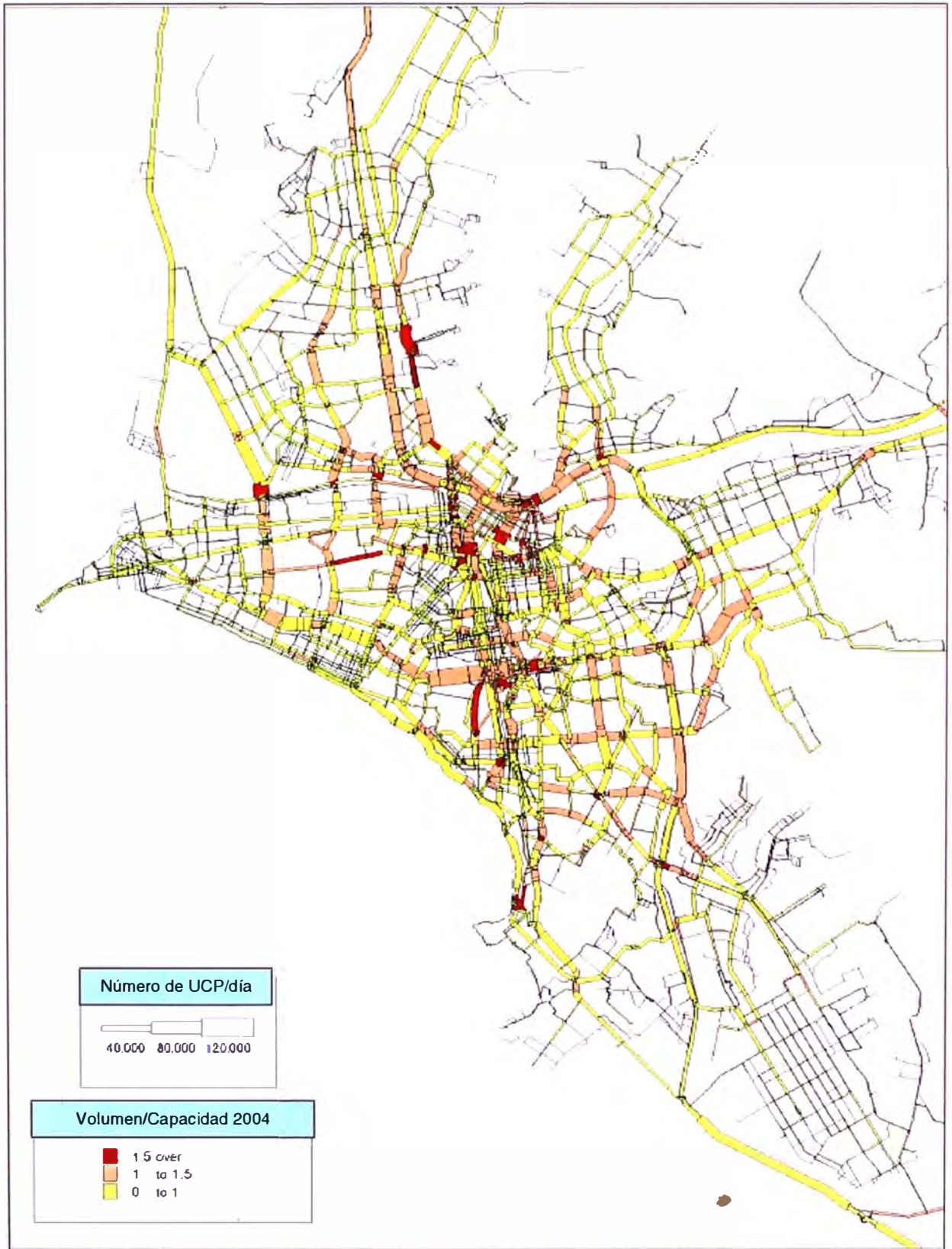
- Una velocidad de circulación de 20km/h o menos durante los períodos pico
- Sistema de control de señales de tránsito inadecuado en las intersecciones
- Conflictos de buses, microbuses y colectivos cerca de los paraderos
- Bloqueo de intersecciones señalizadas debido a la gran cantidad de vehículos que doblan a la izquierda.

Según el Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao se observa que entre:

- a) Entre las 6:00 - 8:00 horas, hay un tránsito generado en la parte norte que se dirige al área central.
- b) Entre las 8:00 - 9:00 horas, hay una generación en el área central y en el área sur, y comienza la congestión en el área central.
- c) La congestión en el área norte y en el área sur es aliviada (después de las 9.00am.) y la congestión en el área central continúa durante el resto del día.

En el gráfico 1-2 Número de UCP/día y relación volumen/capacidad en la red vial de Lima – 2004, se observa los niveles de congestión en Lima representados en la relación volumen /capacidad. Dentro de las cuales las vías con mayores niveles de congestión son las avenidas Javier Prado, Alfonso Ugarte, Túpac Amaru y Arequipa (en las principales intersecciones como avenidas Alejandro tirado, Javier Prado, Angamos entre otras).

**Gráfico 1-2 Número de UCP/día y relación volumen/capacidad en la red vial de Lima - 2004**



Fuente: Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2005

### 1.1.3 Velocidad de viaje

El Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao muestra los resultados de velocidades de viaje en las principales vías de Lima. (Tabla1-1)

La velocidad de viaje está por debajo de los 20km/h en todos **los periodos de tiempo** (una hora) y tiende a disminuir, en las siguientes avenidas:

- a) Av. Brasil (Plaza Bolognesi – Av. La Marina)
- b) Av. Grau (Av. Aviación - Paseo de la República - Braille)
- c) Av. Aviación (Av. Grau – Av. México) (Av. Javier Prado – Av. República de Panamá)
- d) Av. Javier Prado (Paseo de la República – Av. Brasil)
- e) Av. Arequipa (Av. Grau- Av. Javier Prado)

En los siguientes tramos, la velocidad de viaje está por debajo de los 20km/h en **por lo menos un lapso de tiempo** (una hora) y tiende a disminuir.

- a) Av. La Marina (Av. Javier Prado – Av. Universitaria)
- b) Av. Grau (Av. Argentina - Av. La Marina)
- c) Av. Argentina (Av. Faucett – Av. Universitaria – Av. Ugarte)
- d) Paseo de la República (Av. México - Av. Javier Prado)
- e) Av. Aviación (Av. México – Av. Javier Prado)
- f) Av. República de Panamá (En toda su longitud)
- g) Av. Colonial (Av. Ugarte – Av. Universitaria)
- h) Av. Universitaria (Av. Tomas Valle – Av. Argentina)
- i) Av. Tomás Marsano (Av. República de Panamá – Av. Aviación)
- j) Av. Huaylas (Malecón – Av. Guardia Civil)
- k) Av. Grau (Cementerio – Av. Aviación)
- l) Av. Tacna – Av. Arequipa (En toda su longitud)

**Tabla 1-1 Velocidad de viaje promedio en las principales vías durante periodos pico (1 h)**

Principales Vías	Largo (km)	Velocidad de viaje promedio (km/h)		
		Entrante pico de la mañana	Entrante pico del mediodía	Saliente pico de la tarde
1. Av. Javier Prado	20.1	30.4	40.1	30.7
2. Av. La Marina	10.8	20.5	33.8	26.4
3. Av. Argentina	10.4	24.4	22.2	28.4
4. Av. Aviación	8.5	22.6	17.8	17.2
5. Av. Túpac Amaru	21.7	30.8	38.5	27.2
6. Carretera Central – Av. Nicolas Ayllón	42.5	38.2	50.8	35.0
7. Av. Colonial	13.8	35.5	35.4	35.0
8. Av. República de Panamá – Av. Paseo de República	10.8	18.8	26.1	27.2
9. Av. Tomás Marsano-Av. Los Héroes-Av. Pachacútec	19.0	29.5	32.7	27.1
10. Av. Brasil	5.2	18.0	17.6	20.0
11. Av. Tacna – Av. Arequipa	11.5	17.3	15.8	16.5

Fuente: Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2005

#### **1.1.4 Seguridad Vial**

Con las mejoras en la situación económica y la creciente motorización, la ciudad está comenzando a experimentar algunos de los problemas asociados al incremento de vehículos; mientras la motorización crece, la seguridad vial llega a ser no sólo un problema de transporte, sino también un serio problema de salud para la ciudad.

Según el Informe Técnico de los Puntos Negros de los Accidentes de tránsito<sup>[1]</sup> del 2005, en el país se registraron 74,870 accidentes de tránsito, de los cuales el 70% es decir 51,744 tuvieron lugar en el área metropolitana de Lima y Callao.

El estudio de accidentes de tránsito se construyó con una base de datos de las 27 comisarías que registraron el mayor número de accidentes de tránsito en el año 2005 en el área metropolitana de Lima y Callao. Con este estudio se cubrió el 22 % de Comisarías de Lima y Callao (de un total de 122 comisarías), y con ello el 32 % de accidentes ocurridos en el 2005 (16,740 de un total de 51,744). Los accidentes se produjeron en un total de 270 vías principales, interviniendo 26,742 vehículos, donde se vieron involucrados 38,667 personas, resultando 14,757 personas afectadas (muertos y heridos).<sup>[1]</sup>

El mapa de Puntos Negros identifica las zonas críticas del área urbana y fue realizado por la Secretaría Técnica del Consejo de Transporte de Lima y Callao, en colaboración con la Agencia de Cooperación Internacional del Gobierno Japonés (JICA), dentro del Estudio de Plan de Administración de Tránsito de Lima y Callao.

Los puntos negros son las ubicaciones que mantienen un alto riesgo de ocurrencia de accidentes de tránsito; entendiéndose ello como, la intersección o vía que registra por lo menos 4 accidentes de tránsito o presenta un accidente fatal, en el lapso de un año.

Los resultados a los que se llegó, luego de recogidos los datos de los registros de la Policía Nacional del Perú en Lima Metropolitana, fueron los siguientes; 16,740 accidentes de tránsito, 1,029 puntos negros. (Ver tabla 1-2)

En los 1,029 Puntos Negros determinados se produjeron en total 8,951 accidentes de tránsito, representando estos el 54% de los accidentes recabados en las 27 comisarías evaluadas. De los 8,951 accidentes de tránsito que forman parte de los puntos negros, solo el 2% (153 accidentes) fueron accidentes fatales.

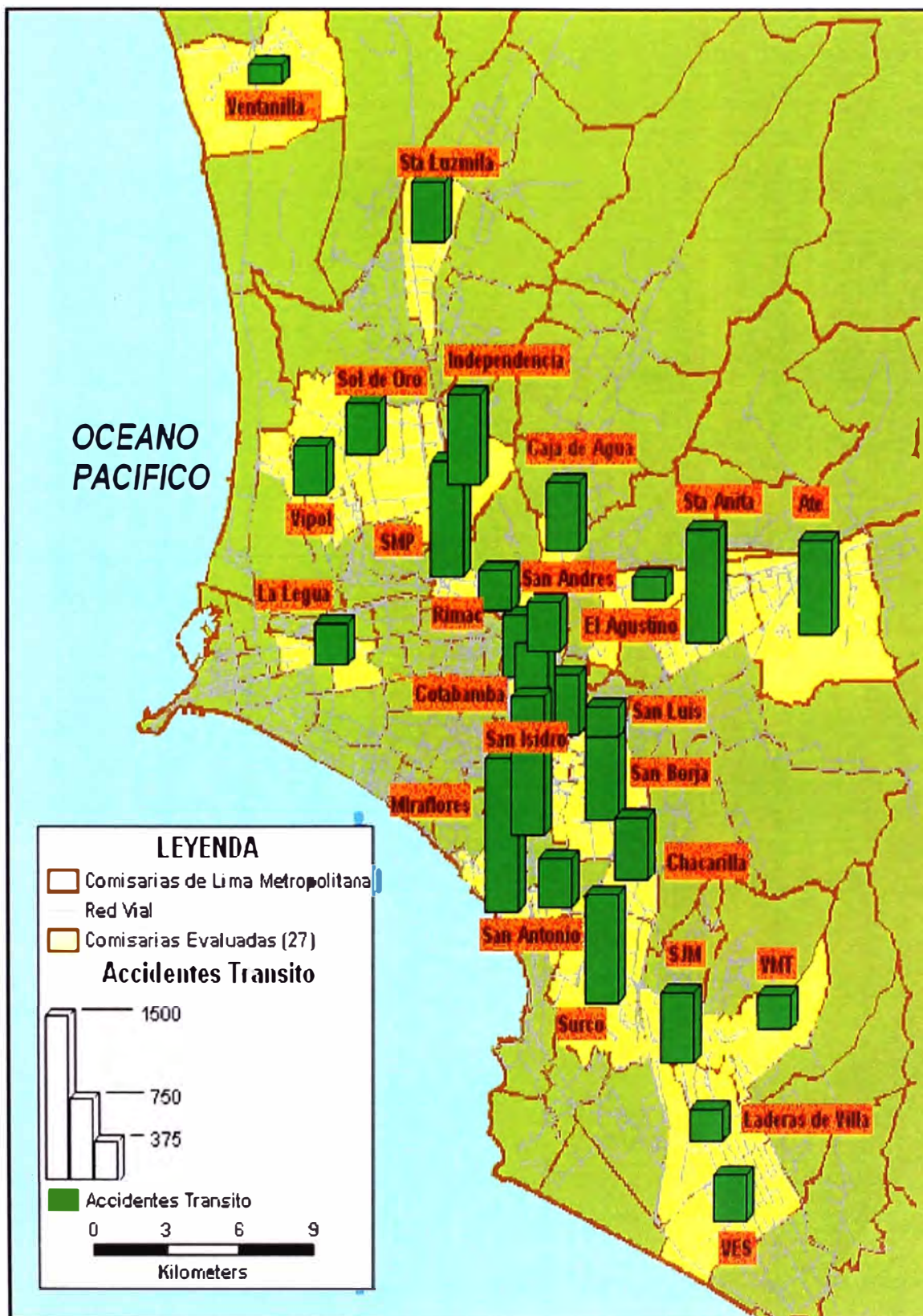
**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Tabla 1-2 Accidentes de Tránsito en Lima Metropolitana y Callao, 2005**

DISTRITO	COMISARIA	CANTIDAD	(%)	PUNTOS NEGROS	(%)
Miraflores	Miraflores	1,389	8.3%	95	9.2%
	San Antonio	438	2.6%	35	3.4%
Surco	Surco	981	5.9%	63	6.1%
	Chacarilla	552	3.3%	42	4.1%
La Victoria	28 de Julio	916	5.5%	74	7.2%
	Apolo	541	3.2%	48	4.7%
San Isidro	San Isidro	1,256	7.5%	77	7.5%
San Martín de Porres	San Martín de Porres	1,038	6.2%	49	4.8%
Santa Anita	Santa Anita	1,016	6.1%	48	4.7%
Lima	Cotabambas	567	3.4%	39	3.8%
	San Andrés	442	2.6%	36	3.5%
Ate-Vitarte	Ate-Vitarte	854	5.1%	33	3.2%
San Borja	San Borja	830	5.0%	55	5.3%
Independencia	Independencia	806	4.8%	45	4.4%
Villa El Salvador	Villa El Salvador	428	2.6%	26	2.5%
Laderas de Villa	Laderas de Villa	280	1.7%	17	1.7%
San Juan de Miraflores	San Juan de Miraflores	639	3.8%	34	3.3%
San Juan de Lurigancho	Caja de Agua	615	3.7%	38	3.7%
Comas	Santa Luzmila	531	3.2%	26	2.5%
Los Olivos	Sol de Oro	470	2.8%	32	3.1%
Callao	Ingunza	450	2.7%	18	1.7%
Rímac	Rímac	375	2.2%	25	2.4%
Carmen de la Legua	La Legua	372	2.2%	19	1.8%
Villa María del Triunfo	Villa María del Triunfo	314	1.9%	16	1.6%
San Luis	San Luis	266	1.6%	15	1.5%
El Agustino	El Agustino	207	1.2%	12	1.2%
Ventanilla	Ventanilla	167	1.0%	12	1.2%
<b>TOTAL</b>		<b>16,740</b>	<b>100.0%</b>	<b>1,029</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Estudio de los Accidentes de Tránsito en 27 comunas de Lima y Callao, 2007

Gráfico 1-3 Accidentes de Tránsito en Lima Metropolitana y Callao, 2005



Fuente: Estudio de los Accidentes de Tránsito en 27 comunas de Lima y Callao, 2007

### **1.1.5 Contaminación Ambiental**

La contaminación, debida en buena parte al transporte automotor, registra niveles elevados y empeora continuamente. Según el Estudio de impacto económico en la salud por contaminación del aire en Lima Metropolitana (2006) <sup>[2]</sup>, se afirma que los *“niveles elevados de contaminación contribuyen a la mayor incidencia de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias. Así, para el período 2002 – 2005, las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (que incluye a los resfriados comunes, sinusitis aguda, faringitis, amigdalitis, laringitis aguda, traqueítis aguda, ente otras) han sido la principal causa de morbilidad (con un porcentaje superior al 20%). Pero, más aún, las otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio han representado el 5% del total de casos), y las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (que en promedio han representado 4% del total de casos) también constituyeron otras causas principales de morbilidad tanto para Lima como para el Callao ubicándose dentro de los principales cinco tipos de causa”*.

El Comité de Gestión Iniciativa Aire Limpio Lima – Callao, según el Plan Integral de Saneamiento Atmosférico Lima-Callao (PISA L-C) 2005-2010, ha llevado a cabo en forma preliminar, un análisis sobre las fuentes que dan origen a las emisiones de los contaminantes, determinando que el **parque automotor** que circula en el área metropolitana Lima-Callao es el **principal causante del deterioro de la calidad del aire**. Sin embargo, debe señalarse que existen otras fuentes estacionarias tales como las actividades industriales y comerciales que se desarrollan dentro de la metrópoli, que contribuyen a la problemática y sobre las cuales también es necesario llevar a cabo un control.

Además *“... En el caso de las emisiones de CO, los vehículos a los que les corresponde el mayor porcentaje son los automóviles con un 83,79%, y de este porcentaje el 48,94% corresponde a los “taxis”. En el caso de los hidrocarburos la situación es la misma ya que el mayor porcentaje le corresponde a los automóviles con un 72,97% (“taxis” 40,71%). Para el caso de los Óxidos de Nitrógeno y de las Partículas menores a 10 micras, la mayor responsabilidad se encuentra en los buses de transporte público y en las camionetas rurales usadas en transporte público...”* <sup>[3]</sup>



## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

De acuerdo al Estudio de Saturación realizado por el Comité de Aire Limpio para Lima – Callao, a través de DIGESA, las zonas Norte, Noreste y Céntrica del área metropolitana Lima - Callao, son las más contaminadas por material particulado, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno; presentándose una mayor contaminación durante los meses de verano.

Los contaminantes son arrastrados por acción de los vientos hacia el Norte y Este de la cuenca atmosférica Lima-Callao, siguiendo claramente el patrón de vientos dominantes en la ciudad.

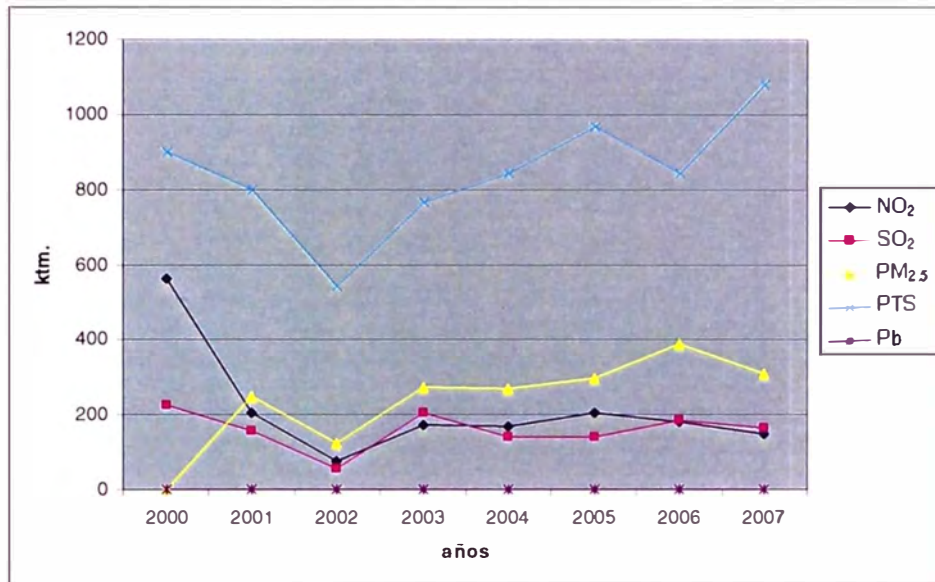
En la tabla 1-3 observamos las emisiones de contaminantes en Lima y Callao en miles de toneladas observando algunas reducciones en relación del año 2006 al 2007, pero un aumento en PTS y Pb. Del gráfico 1-4 se aprecia la tendencia de los niveles de contaminación en Lima y Callao

**Tabla 1-3 Emisiones de contaminantes en Lima y Callao en miles de toneladas (ktm/año)**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>NO<sub>2</sub></b>	561.48	203.15	76.79	170.96	166.87	203.04	179	149.54
<b>SO<sub>2</sub></b>	226.33	157.83	54.27	206.64	141.05	141.31	184.25	162.59
<b>PM<sub>2.5</sub></b>	s.m.	247.19	126.37	271.22	269.13	297.09	387.69	309.83
<b>PTS</b>	898.19	797.02	541.34	766.09	841.47	968.63	842.46	1079.37
<b>Pb</b>	0.947	0.961	0.468	0.833	1.145	0.87	0.6	0.94

Fuente: "Modelo IPIECA" (International Petroleum Industry Association), DIGESA – Dirección General de Salud Ambiental.

**Gráfico 1-4 Emisiones de contaminantes en Lima y Callao en miles de toneladas (ktm/año)**



Fuente: "Modelo IPIECA" (International Petroleum Industry Association), DIGESA –Dirección General de Salud Ambiental.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), viene desarrollando estudios de calidad del aire en el área metropolitana Lima-Callao. Dentro de los cuales, considera el análisis de las Partículas Totales en Suspensión: PAS, PTS y PM2.5.

a) Del Polvo Atmosférico Sedimentable (PAS)

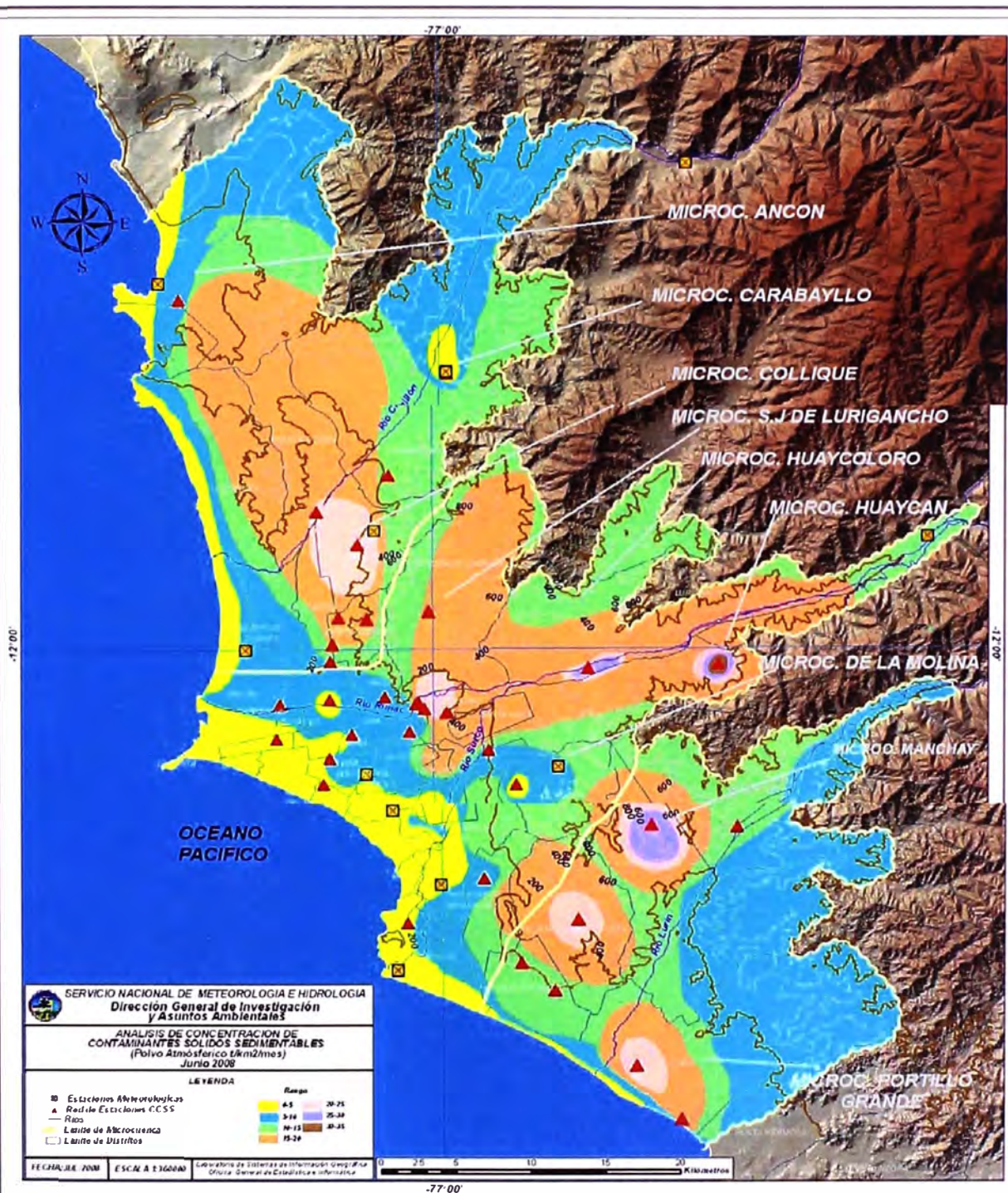
La evaluación del polvo atmosférico sedimentable se realiza en el ámbito de la cuenca atmosférica de Lima-Callao. Durante el mes de junio 2008, el 84 % de las estaciones superaron el nivel referencial permisible de la Organización Mundial de la Salud (OMS) de 5 t/km<sup>2</sup>/mes, con una media de 12,3 t/km<sup>2</sup>/mes.

Los contaminantes sólidos sedimentables (CSS), conocidos también como polvo atmosférico (PAS), están constituidos por material tanto inerte como por metales pesados, estos últimos pueden ser Hierro, Plomo, Cadmio, Cromo, Zinc, entre otros. Se acumula en la atmósfera como resultado de la circulación del parque automotor obsoleto, emisiones fugitivas de las fábricas, comercio formal e informal, botaderos clandestinos de basura, malos hábitos de la población, etc, así como de la acción dispersante de los flujos de vientos locales que mantiene el polvo atmosférico en un continuo proceso de suspensión y resuspensión.<sup>[4]</sup>

- b) De las Partículas totales en suspensión y menores a 2.5 micras (PTS y PM2.5)  
La información semanal registrada en el mes de junio 2008, por los muestreadores de PTS y PM2.5 instalados en la estación meteorológica Campo de Marte del SENAMHI, mostró su máxima concentración de Partículas Totales en Suspensión (PTS) de 161,1ug/m<sup>3</sup> y de partículas menores a 2.5micras (PM2.5) equivalente a 99,6 ug/m<sup>3</sup>, y mínimas de 85,9 y 62,2 ug/m<sup>3</sup>, respectivamente.
- De las Partículas Totales en Suspensión (PTS) incluyen en su composición a las PM10 y PM2.5. Por lo general, éstas provienen de fuentes diferentes y tienen mecanismos de formación distintos, aunque es probable que haya cierta superposición. La cercanía entre las concentraciones de PTS y PM2.5 se explica en que el principal aporte de las partículas para la zona evaluada corresponde a las provenientes del parque automotor, de por sí finas con centro carbonado, más no tanto a las gruesas derivadas de fuentes terrestres.

En el Gráfico 1-5, las 4 principales zonas críticas son: hacia Lima norte (cuenca del río Chillón) se observa el primer centro, extendiéndose hacia la jurisdicción de los distritos de Independencia, Comas, Carabayllo, Puente. Piedra, Ancón, Santa. Rosa, Ventanilla, Los Olivos y San Martín de Porres, cuyo núcleo en el distrito de Independencia tiene un valor de 23,4 t/km<sup>2</sup>/mes. El segundo centro abarca Lima centro-este (cuenca del río Rímac y microcuencas de San Juan de Lurigancho y Huaycán, y comprende los distritos de San Juan de Lurigancho, Lurigancho, Chaclacayo, Ate-Vitarte, Santa. Anita, el Agustino, y el Cercado (lado este), con núcleos en los distritos de El Agustino y Lurigancho con valores de 23,1 y 26,4 t/km<sup>2</sup>/mes. El tercer centro ubicado en Lima sur-este tiene su núcleo en el oeste del distrito de Pachacamac (microcuenca de Manchay), comprende los distritos de Pachacamac, sureste de La Molina y suroeste de Cieneguilla, con valor de 29,9 t/km<sup>2</sup>/mes; mientras que el cuarto centro en Lima sur que comprende los distritos de Villa El Salvador, Villa María del Triunfo y Lurín, se presenta fraccionado en Villa María del Triunfo y Lurín con valores de 21,4 y 23,3 t/km<sup>2</sup>/mes, respectivamente. Los distritos cercanos al litoral costero y parte de algunos residenciales, comprendidos dentro de la estrecha franja amarilla, se mantuvieron por debajo del límite (5 t/km<sup>2</sup>.mes), favorecidos por la influencia de las brisas marinas y políticas de gestión municipal saludables.<sup>[5]</sup>

Gráfico I-5 Análisis espacial de la concentración del polvo atmosférico sedimentable en la cuenca atmosférica de Lima-Callao durante el mes de Junio 2008



Fuente: SENAMHI, Evaluación de la contaminación atmosférica en la zona metropolitana de Lima y Callao/junio-2008

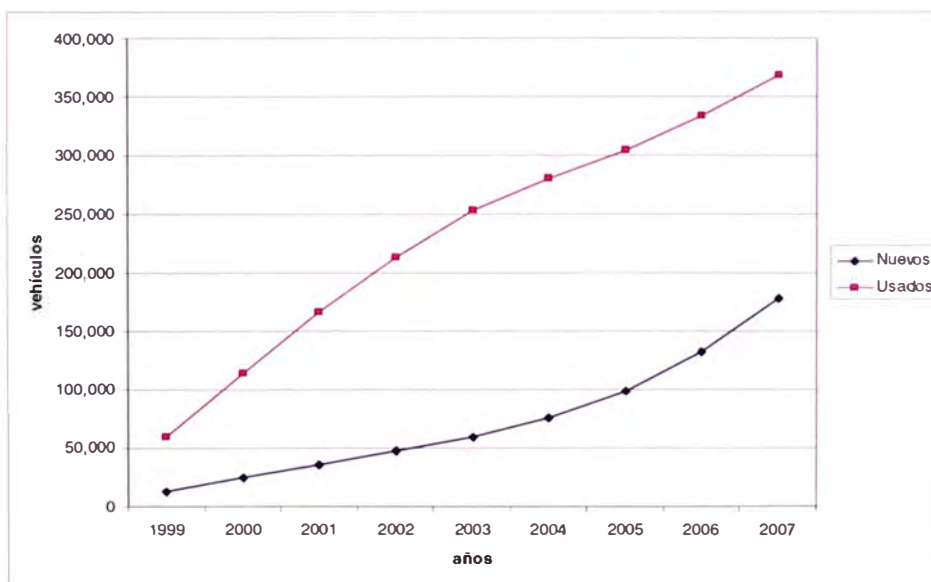
Como se mencionó anteriormente el parque automotor que circula en el área metropolitana Lima-Callao es el principal causante del deterioro de la calidad del aire y el incremento de vehículos importados contribuye a su deterioro. En ese sentido, en la tabla 1-4 y el gráfico 1-6 se presenta el número de vehículos nuevos, usados e importados entre el año 1999 al 2007, destacándose el mayor número de vehículos usados.

**Tabla 1-4 Importación de vehículos automotores (en unidades)**

<b>Años</b>	<b>Nuevos</b>	<b>Usados</b>	<b>Total</b>
1999	12,989	60,104	73,093
2000	12,007	53,742	65,749
2001	10,873	52,884	63,757
2002	11,720	46,206	57,926
2003	12,407	39,990	52,397
2004	15,677	27,117	42,794
2005	23,057	24,208	47,265
2006	33,549	29,066	62,615
2007	46,312	35,404	81,716

Fuente: Asociación Automotriz del Perú S.A.-AAP, Automás  
Elaboración: OGPP – Oficina de estadística -MTC

**Gráfico 1-6 Importación de vehículos automotores (acumulado)**



Fuente: Asociación Automotriz del Perú S.A.-AAP, Automás  
Elaboración: OGPP – Oficina de estadística -MTC

### **1.1.6 Administración del Transporte Urbano en Lima**

#### **a) Marco Legal**

- Ordenanza Marco del Tránsito (Ordenanza No. 132-97)  
*Regula la circulación vehicular y peatonal por las vías públicas de la Provincia de Lima y establece que la Municipalidad Metropolitana de Lima tiene como competencia el regular y administrar la circulación en las vías públicas de la provincia de Lima; pudiendo las Municipalidades distritales emitir regulaciones en materia de tránsito y adoptar medidas que resulten necesarias para el ordenamiento del mismo, previa autorización de la Municipalidad Metropolitana de Lima.*
  
- Ordenanza Municipal No. 059-94  
*Mediante la cual se reglamenta la interferencia de vías públicas que impliquen la alteración del tránsito, facultando dentro de este concepto a la Dirección Municipal de Transporte Urbano a través de la Dirección de Señalización, a identificar y señalizar las zonas rígidas, zonas de parqueo vehicular, zonas reservadas y zonas de seguridad.*
  
- Ordenanza Municipal No. 341-2001  
*Mediante la cual se aprueba el plano del Sistema Vial Metropolitano de Lima, y clasifica las vías de la provincia en Expresas, Arteriales, Colectoras y Locales; asimismo establece las competencias tanto de la Municipalidad Provincial (vías expresas, arteriales y colectoras), como de la Municipalidad Distrital (vías locales), en cuanto al mantenimiento, rehabilitación, remodelación, señalización horizontal y vertical, semaforización, etc. en forma coordinada.*
  
- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras (aprobado mediante R.M. No. 413-93TCC-15)  
*Establece las normas para el diseño y utilización de los dispositivos de control del tránsito, así como los diseños y principios fundamentales que deben regir.*

**b) Competencias sobre la Gestión de Transporte Urbano**

***i) Ministerio de Transportes y Comunicaciones***

***Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones - LEY N° 27791***

- Diseñar, normar y ejecutar la política de promoción y desarrollo en materia de Transportes y Comunicaciones.
- Formular los planes nacionales sectoriales de desarrollo.
- Fiscalizar y supervisar el cumplimiento del marco normativo relacionado con su ámbito de competencia.
- Otorgar y reconocer derechos a través de autorizaciones, permisos, licencias y concesiones.
- Orientar en el ámbito de su competencia el funcionamiento de los Organismos Públicos Descentralizados, Comisiones Sectoriales y Multisectoriales y Proyectos o entidades similares que los constituyan.
- Planificar, promover y administrar la provisión y prestación de servicios públicos, de acuerdo a las leyes de la materia.
- Cumplir funciones ejecutivas en todo el territorio nacional directamente o mediante proyectos especiales o entidades similares que los sustituyan respecto a las actividades que se señalan en su Reglamento de Organización y Funciones

***ii) Municipalidad Provincial:***

***Municipalidad Metropolitana de Lima Texto Compendiado del Reglamento de Organización y Funciones de La Municipalidad Metropolitana de Lima (Aprobado por Ord. 812 y Modificatorias) 2007***

- Regular y administrar la circulación en las vías públicas de la Provincia de Lima.
- Otorgar concesiones, permisos, licencias y autorizaciones así como imponer restricciones.
- Tiene a su cargo la señalización horizontal y vertical de las vías Expresas, Arteriales y Colectoras del Sistema Vial Metropolitano, además de las vías del Cercado.
- La Gerencia de Transporte Urbano a través de la Subgerencia de Ingeniería del Tránsito delimitará las zonas rígidas e identificará las zonas de parqueo municipal y autorizará las zonas reservadas y de seguridad.

- **D.L. N° 27181 Ley de Transporte y Tránsito Terrestre**

Las Municipalidades de Lima y Callao son responsables de planificar, construir, mejorar y mantener las vías expresas, arteriales y colectoras, incluyendo a las vías nacionales en tramos bajo la jurisdicción de estas municipalidades. Las vías locales más pequeñas, no incluidas anteriormente, se encuentran bajo la responsabilidad de cada municipalidad distrital.

**iii) Municipalidad Distrital:**

- **D.L N° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades, Art. 81 Tránsito, Vialidad y Transporte Público**

Funciones específicas compartidas de las municipalidades provinciales:

- Controlar, con el apoyo de la Policía Nacional, el cumplimiento de las normas de tránsito y las de transporte colectivo; sin perjuicio de las funciones sectoriales de nivel nacional que se deriven de esta competencia compartida, conforme a la Ley de Bases de la Descentralización.
- Organizar la señalización y nomenclatura de vías, en coordinación con las municipalidades distritales.
- Ejercer la función de supervisión del servicio público de transporte provincial de su competencia, contando con el apoyo de la Policía Nacional asignada al control del tránsito.
- Instalar, mantener y renovar los sistemas de señalización de tránsito en su jurisdicción y establecer la nomenclatura de vías, en coordinación con las municipalidades distritales.
- Funciones específicas compartidas de las municipalidades distritales:  
Establecer la nomenclatura y señalización de calles y vías de acuerdo con la regulación provincial y en coordinación con la municipalidad provincial.
- Otorgar licencias para la circulación de vehículos menores y demás, de acuerdo con lo establecido en la regulación provincial.



## **1.2 PROPUESTA A DESARROLLAR**

Proponer el empleo de un Sistema Inteligente de Transporte en Gestión del Transporte y Tránsito para Lima enfocándonos como caso de estudio a la av. Arequipa.

### **1.2.1 Objetivos**

#### **a) Objetivo General**

- Proponer un sistema de transporte inteligente en “Gestión de Transporte” para la avenida Arequipa, que optimice el uso de la capacidad de la vía, proporcionando un intercambio de información en tiempo real entre el centro de control de tránsito, los conductores y la situación de la vía, así como mejorar su seguridad vial.

#### **b) Objetivos Específicos**

- Reducción en un 25% de las demoras en las intersecciones de la avenida Arequipa.
- Reducción en un 18% del tiempo de viaje, de los usuarios de la avenida Arequipa.
- Disminución en un 22% de las emisiones de CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> en la avenida Arequipa
- Inclusión de la fase peatonal en la semaforización sincronizada para los vehículos
- Proporcionar a la avenida Arequipa de un sistema de control de tráfico moderno usando las tecnologías de gestión de tráfico –SIT.

### **1.2.2 Justificación**

La implementación de un Sistema Inteligente de Transporte en gestión de transporte, es necesario porque permitirá mejorar los niveles de servicio, las demoras en intersecciones, la velocidad de viaje, la contaminación ambiental y la seguridad vial en la avenida Arequipa.

### **1.2.3 Alcances de la investigación**

El presente trabajo comprende el estudio para implementar un sistema inteligente de transporte en un área urbana de la ciudad de Lima.

### **1.2.4 Limitaciones**

- Acceso restringido a la información de proyectos efectuados en las distintas entidades que intervienen en la gestión de transporte en Lima.
- Experiencia limitada en la implementación de Sistema Inteligentes de Transportes.

### **1.2.5 Estudio de Caso**

Para el presente proyecto evaluaremos y analizaremos el tránsito en la avenida Arequipa desde la cuadra 1 intersección con la avenida 28 de Julio hasta la cuadra 52 intersección con el óvalo de Miraflores. Dicha avenida atraviesa los distritos de Lima, Jesús María, Lince, San Isidro y Miraflores.

Se propondrá el uso de este sistema inteligente de transporte necesario para mejorar la operatividad de la vía, salvaguardar la vida de los peatones y proteger el medio ambiente.

### **1.2.6 Hipótesis**

Si a una de vía colectoras se implementa un sistema de transporte inteligente basado en el intercambio de información en tiempo real como cámaras de video, sincronización semafórica, control de velocidad, etc., las cuales estén supervisadas por un centro de control adecuado con los requerimientos tecnológicos apropiados, **entonces** se mejorará la circulación de los flujos de transporte, las demoras en las intersecciones, el nivel de servicio de la vía logrando una reducción de los tiempos de viaje, los accidentes de tránsito y la contaminación ambiental.

## **1.3 CONCLUSIONES**

En este capítulo se observa que los niveles de servicio en las principales avenidas de Lima metropolitana están entre E y F. Así mismo las velocidades promedio están por debajo de los 20km/h ocasionando mayores tiempos de viaje de la población.

Por otro lado el número de accidentes de tránsito según el estudio técnico de puntos negros en Lima registro un total de 51,744 accidentes de tránsito en el 2005. De los cuales se produjeron en un total de 270 vías principales, interviniendo 26,742 vehículos, donde se vieron involucrados 38,667 personas, resultando 14,757 personas afectadas (muertos y heridos). <sup>[1]</sup>

En lo que respecta a los niveles de contaminación en Lima y Callao una de las principales fuentes de contaminación de la calidad del aire es el parque automotor generando problemas en la salud de las personas y en el deterioro del medio ambiente.

En relación de ello, es necesario implementar medidas que permitan reducir la congestión, los tiempos de viaje, los accidentes de tránsito y la emisión de gases contaminantes.

## **CAPITULO II**

# **ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

### **2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1.1 Definición de SIT**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (SIT) pueden ser definidos como la integración de tecnologías de comunicación y electrónicas con el fin de mitigar los problemas de transporte terrestre. <sup>[6]</sup>

#### **2.1.2 Objetivo de SIT**

El objetivo de los sistemas de transporte inteligente es mejorar la movilidad, seguridad y eficiencia del transporte, mejorando la funcionalidad de los vehículos y las vías usando las tecnologías de la información. Utilizar tecnologías SIT en el desempeño del sistema optimizará la utilización de la capacidad efectiva del mismo <sup>[7]</sup>

#### **2.1.3 Metas de SIT**

Reducción de la contaminación ambiental, del número de accidentes, de la congestión, aumento de la velocidad, mejoramiento de la capacidad de utilización de la vía, ayudar a los conductores a circular evitando producir congestionamiento y accidentes. <sup>[8]</sup>

### **2.2 CATEGORÍAS DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

Los Sistemas Inteligentes de Transporte incluyen las siguientes seis categorías originales: (*ver anexo A: Categoría de los Sistemas Inteligentes de Transporte*)

- 1) Sistemas avanzados de información al viajero (ATIS – Advanced Traveler Information Systems).
- 2) Sistemas avanzados de gestión de transporte (ATMS – Advanced Transportation Management Systems).

- 3) Sistemas avanzados de transporte público (APTS – Advanced Public Transportation Systems).
- 4) Operaciones de vehículos comerciales (CVO – Comercial Vehicle Operations).
- 5) Sistemas avanzados de control vehicular (AVCS – Advanced Vehicle Control Systems).
- 6) Sistemas avanzados de transporte rural (ARTS – Advanced Rural Transportation Systems).

Cada uno de estos sistemas está constituido por diferentes subsistemas y tecnologías, las cuales a menudo son utilizadas por más de una de estas familias de sistemas. En el capítulo III nos centraremos en la tecnología SIT – Sistemas avanzados de gestión del transporte que es materia de estudio en la presente tesis.

### **2.3 GRUPOS DE SERVICIO AL USUARIO SIT**

La superposición de los elementos tecnológicos no permite realizar una adecuada distinción entre los sistemas. Por ejemplo, el sistema de cobro electrónico de peaje puede clasificarse como sistemas avanzados de gestión de transporte o como operación de vehículos comerciales; los semáforos con derecho a prioridad pueden clasificarse como sistemas avanzados de transporte público o como sistemas avanzados de gestión de transporte, etc.

Para minimizar esta superposición, los programas SIT se clasifican en ocho grupos de servicios al usuario, dentro de los cuales se han reagrupado 32 servicios al usuario. Los servicios al usuario son los que definen las posibilidades que SIT proveerá a sus clientes.

En la tabla 2.1 se observará los grupos de servicios al usuario - SIT, esta lista no es definitiva y se espera que los servicios identificados cambien con el correr del tiempo.

**Tabla 2-1 Grupos de servicios al usuario - SIT**

<b>Grupo</b>	<b>Servicios</b>
1) Gestión de viaje , tránsito - transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Información al conductor en ruta</li> <li>• Guía en ruta</li> <li>• Servicios de información al viajero</li> <li>• Control de tránsito</li> <li>• Gestión de Incidentes</li> <li>• Prueba de emisiones y mitigación</li> <li>• Intersección de carreteras y ferrocarriles</li> <li>• Información previa al viaje</li> <li>• Reservación y búsqueda de características de viajes similares</li> <li>• Gestión de demanda y operación</li> </ul>
2) Operaciones de transporte público	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestión de Transporte Público</li> <li>• Información de transporte en ruta</li> <li>• Transporte publico personalizado</li> <li>• Seguridad de viaje público</li> </ul>
3) Pago electrónico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cobro electrónico de peaje</li> </ul>
4) Operación de vehículos comerciales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pago electrónico de vehículos comerciales</li> <li>• Inspecciones automatizadas de seguridad para vehículos comerciales</li> <li>• Control de seguridad dentro del vehículo</li> <li>• Procesos de administración de vehículos comerciales</li> <li>• Respuestas a incidentes por materiales peligrosos</li> <li>• Gestión de flota comercial</li> </ul>
5) Gestión de emergencias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Notificación de la emergencia y seguridad personal</li> <li>• Gestión de emergencia de los vehículos</li> </ul>
6) Sistemas avanzados de seguridad vehicular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas para evitar colisiones longitudinales</li> <li>• Sistemas para evitar colisiones laterales</li> <li>• Alarmas de colisión en intersecciones</li> <li>• Amplificadores de la visión</li> <li>• Preparación para la seguridad</li> <li>• Sistemas de retención</li> <li>• Operación automática de vehículos</li> </ul>
7) Gestión de información	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función de datos en archivo</li> </ul>
8) Gestión de mantenimiento y construcción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Operación de mantenimiento y construcción</li> </ul>

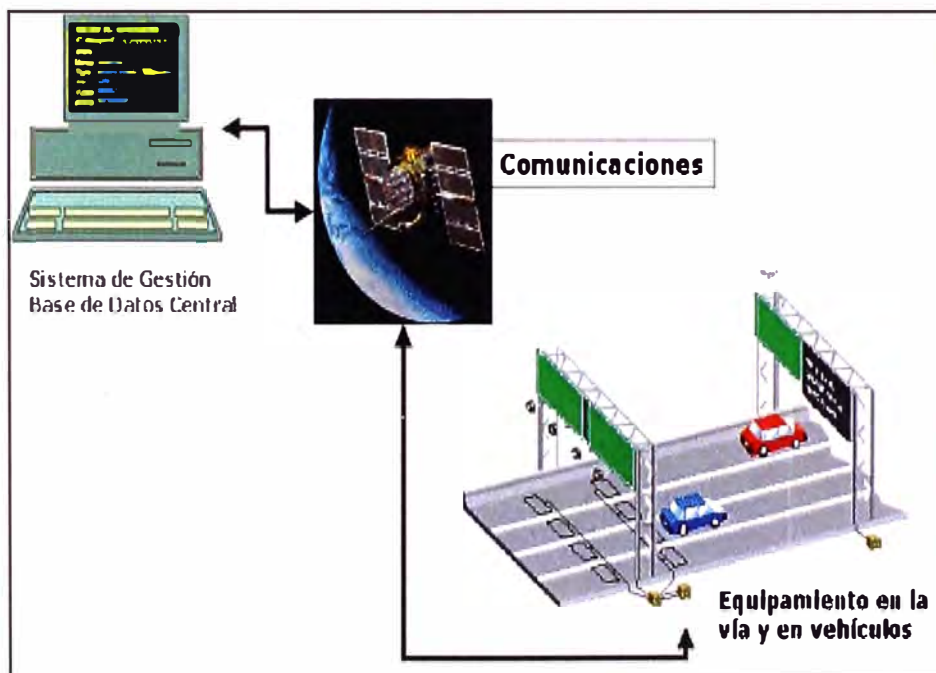
Fuente : Chen, Ken & Miles, John C. (1999). "ITS HANDBOOK 2000: Recommendations from the World Road Association (PIARC)".

## **2.4 ARQUITECTURA SIT**

Usualmente se define a la arquitectura de un sistema como el marco que describe la manera en que los componentes del sistema interactúan y trabajan en forma conjunta para lograr las metas del sistema. La arquitectura de un sistema describe la operación del sistema, la función de cada componente del sistema y qué información se intercambia entre estos componentes <sup>[9]</sup>.

En la ilustración 2-1 se muestra la arquitectura típica de estos sistemas, equipamiento en las vías (arteriales o carreteras), con sistemas de gestión y administración de base de datos centralizados, con acceso distribuido a la información por parte de los operadores o gestores y con sistemas de comunicaciones que permiten la transferencia de información conductor - vehículo - vía - centro de gestión – operador.

**Ilustración 2-1 Arquitectura típica de un SIT**



Fuente: Revista SECTRA, 2000, <http://www.sectra.cl/its/introduccion.htm>

## **2.5 SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE EN EL MUNDO**

Las investigaciones relacionadas con SIT en los Estados Unidos en los ´50 motivaron similares investigaciones en Europa y Japón en 1950.

Los equivalentes a los sistema de guías electrónicas de los Estados Unidos (ERGS - Electronic Route Guidance System), quizás una de las primeras investigaciones relacionadas con SIT, fueron el programa europeo de sistema de tarifa e información (ALI - Autofarer Leitung und Information) y el programa del sistema comprehensivo de control de tráfico automovilístico de Japón (CACS - Comprehensive Automobile Traffic Control System).

A continuación se presentan resúmenes de los principales proyectos de SIT implementados en el mundo. En la ilustración 2-2 se observa una fotografía de un cruceo inteligente en Inglaterra.

**Ilustración 2-2 Cruceos inteligentes en el mundo**



Fuente: Gestión del tráfico SCOOT, Inglaterra – 2008  
<http://www.scoot-utc.com/CurrentResearch.php?menu=Versions>

### **2.5.1 SIT EN EUROPA<sup>[10]</sup>**

#### **PROMETHEUS**

Quizás los programas europeos más populares de SIT son el Programa para Tránsito Europeo con la más alta eficiencia y seguridad sin precedentes PROMETHEUS y el programa de infraestructura de carreteras dedicada a la seguridad vehicular de Europa DRIVE.

Fue lanzado en 1986 por una docena de compañías europeas de autos auspiciada por la agencia europea de coordinación de investigaciones EUREKA, un programa para el desarrollo de la economía diseñado para aumentar la competitividad industrial europea.

PROMETHEUS fue un programa de 7 años y de \$700 millones de dólares dirigido por Daimler-Benz. Este programa enfatizó las actividades de desarrollo e investigación de SIT basándose en los vehículos

Dentro del programa PROMETHEUS, hubo siete subprogramas, tres fueron llevados a cabo por la industria del automóvil, y cuatro fueron llevados a cabo por la comunidad científica.

La industria abarcó los siguientes puntos:

- En sistemas del vehículo-vehículo para el seguimiento y la asistencia al conductor.
- De vehículo a vehículo de las redes de comunicaciones.
- vehículos con comunicación a bordo en carretera para el control del tráfico.

La investigación abarcó los siguientes puntos:

- Desarrollo de componentes microelectrónicos necesarios que incluye los sensores a bordo y sistemas informáticos PRO-CHIP.
- El uso de la inteligencia artificial en el sistema vehicular y el desarrollo de software PRO-ART.
- Sistema de comunicación dentro del vehículo y con el conductor, vehículo - vehículo, además comunicación global del vehículo a la red de carreteras con el software PRO-COM.
- Los efectos del cambio en el medio ambiente por tráfico vehicular.



### **2.5.2 SIT EN JAPÓN <sup>[10]</sup>**

---

El sistema comprehensivo de control de tráfico automovilístico (CACS) fue la primera iniciativa en Japón, y quizás en el mundo, en lanzar y evaluar el desempeño de tecnologías avanzadas de información para la interfase de vehículos e instalaciones al borde de la carretera.

El proyecto fue lanzado en Tokio desde 1973 a 1979 a través de la Agencia de ciencia y tecnología industrial AISI y el Ministerio de comercio internacional e industrial MITI

Dos institutos gubernamentales de investigación y doce corporaciones privadas participaron en este proyecto que tuvo un costo final de \$ 7,300 billones.

El componente más desafiante y extensivo del programa CACS fue el desarrollo de un sistema interactivo y dinámico de guía en carretera.

Otros programas de SIT anteriores a CACS, apuntaron a establecer sistemas de navegación tales como los sistemas de información integrados para apoyar a los conductores proveyéndole información real y actualizada sobre la congestión de tráfico. El sistema de comunicación de carretera/automóvil RACS fue lanzado en 1984 por el Ministerio de Construcción y por empresas privadas.

El sistema avanzado de información de tráfico y comunicaciones móvil AMTICS fue lanzado por la Asociación japonesa de tecnología de control de tráfico.

El sistema de información y comunicación vehicular VICS fue lanzado por el Ministerio de Correos y Telecomunicaciones MPT conjuntamente con el Ministerio de construcción.

La sociedad de tránsito, vehículos y carreteras inteligentes VERTIS es el cuerpo coordinador y asesor japonés del programa SIT.

### **2.5.3 SIT EN ESTADOS UNIDOS DE AMERICA<sup>[11]</sup>**

En 1990, el Departamento de Transporte de Illinois se comprometió en la operación luz verde para atacar la congestión del tráfico. El proyecto ADVANCE fue lanzado en 1991 como una importante prueba de campo dinámica - en vehículos – con sistema de orientación vial al NE en los suburbios de Chicago. Fue la primera guía de ruta dinámica a gran escala desplegada en los EE.UU. con 3000 a 5000 vehículos de prueba. El objetivo era determinar si los automovilistas suministrados con orientación en tiempo real les ayudarían a evitar la congestión y mejorar la calidad de su viaje. El corazón de ADVANCE es el Centro de información de Transporte que recibe información de una amplia gama de fuentes para luego ponerla a disposición de los vehículos.

El corredor inteligente de California, concebido en 1991, era demostrar la eficacia de sus tecnologías integradas para la gestión del tráfico a través de jurisdicciones. El área de demostración es el corredor más congestionado de transporte en América del Norte, que incluye una de 14 millas de la carretera Santa Mónica que se conecta con otras dos autopistas interestatales y cinco grandes arterias en paralelo. El proyecto tiene por objeto aliviar la congestión, reducir los accidentes, reducir el consumo de combustible, y mejorar la calidad del aire mediante el uso de tecnologías avanzadas para asesorar a los viajeros de las condiciones actuales y las rutas alternativas, la mejora de la respuesta de emergencia, y la prestación coordinada entre los organismos de gestión del tráfico. Varias agencias federales y estatales participaron en el proyecto.

## **2.5.4 SIT AMERICA LATINA**

### **2.5.4.1 SIT CHILE <sup>[11]</sup>**

---

La tecnología SIT en Chile ha sido, en general, adaptada a la situación chilena. Hasta la fecha, los siguientes tipos de SIT se han puesto en práctica:

- Unidades operativas de control del tráfico en Santiago y Valparaíso con 1655 y 50 intersecciones, respectivamente (Secretaría de Transporte: SECTRA).
- Los sistemas de telepeaje (empresas con concesiones).
- Sistemas de localización automática de vehículos, la mayoría con GPS (empresas privadas).
- Censo regional del flujo vehicular (Ministerio de Obras Públicas)
- Unidades de control de pesaje (Ministerio de Obras Pública). (Chile es considerado un pionero en materia de pesaje en movimiento).
- "Vehículos Inteligentes de usos múltiples", equipos láser (IRI, GPS, cámaras de vídeo, etc), FWD (deflectómetro por impacto) y SCRIM (coeficiente de fricción) de la administración nacional de carreteras del laboratorio del ministerio de obras públicas.
- Señales de mensaje variable con información dinámica en carreteras urbanas de gran flujo vehicular.

### **2.5.4.2 SIT ARGENTINA** <sup>[12]</sup>

El Control y gestión de tránsito (CCT) fue creado en 1995/96, en el ámbito de la Dirección de Tránsito de la Municipalidad de Córdoba, y a partir de esa fecha asumió las tareas de operar los semáforos de un área importante de la ciudad, que incluye aproximadamente 310 intersecciones.

En 1998, fue ampliado, incorporando nuevos semáforos y 8 cámaras al circuito cerrado de televisión (CCTV) incorporando 4 posteriormente, lo que amplió significativamente la capacidad operativa; tomando a su cargo otras tareas complementarias orientadas fundamentalmente a optimizar la gestión de tránsito, tales como el análisis de flujos de tránsito, la permanente actualización de los parámetros de funcionamiento, y una incipiente difusión de las acciones en los medios de comunicación.

#### Principales Tareas y Actividades del CCT

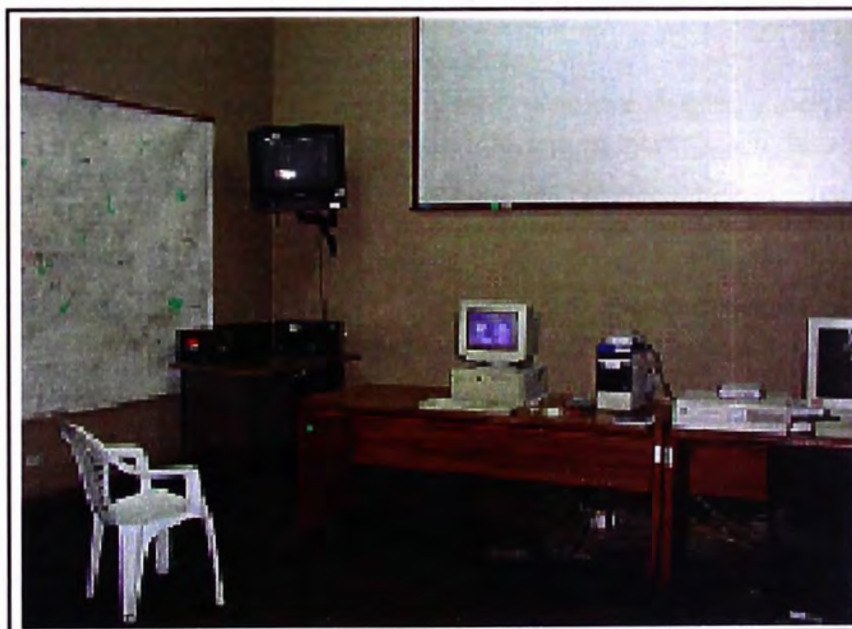
- **Noticias de tránsito**  
Consiste en ofrecer a los medios de comunicación públicos información actualizada de tránsito, esto es, calles congestionadas, vías alternativas, semáforos con fallas, tiempos de viaje entre diferentes puntos, eventuales accidentes u otros incidentes que afecten la circulación vehicular, desvíos de tránsito, cierre de calles, así como las imágenes de las cámaras de televisión.
- **Funcionamiento de los semáforos**  
Los semáforos del área funcionan bajo la modalidad de planes de tiempos prefijados, que consiste en la implementación de programaciones predefinidas, obtenidas a partir de conteos históricos de flujos vehiculares.  
Dichos planes de tiempo prefijados son ingresados en una tabla horaria del sistema de control de tránsito, el cual los activa en las horas y días específicos. Esto se complementa con la labor de los operadores que realizan controles y ajustes en tiempo real, adecuando el tiempo de los semáforos a las condiciones imperantes en las vías.
- **Sistemas complementarios y de apoyo a la gestión de tránsito:**
  - Sistema de circuito cerrado de televisión
  - Red de estaciones de conteo automático de tránsito
  - Sistema de prioridad para vehículos de emergencia
  - Sistema de información

### **2.5.4.3 SIT PERÚ**

#### **a) Lima<sup>[13]</sup>**

El sistema de control de tránsito centralizado para el área de Lima Monumental está compuesto por las avenidas Tacna, Nicolás de Piérola, Abancay, Junín y jirón Conde de Superunda, totalizando 65 intersecciones que operan por medio de un sistema computarizado. Se puede incorporar la flexibilidad de expandir o modificar el sistema para reajustarlo a condiciones futuras. Actualmente, el sistema no puede operar un control de respuesta al tránsito, debido al mal funcionamiento de los sensores de tránsito en las intersecciones. Esto fue causado por la falta de mantenimiento de los equipos. El sistema existente es un sistema de control sincronizado de tránsito, brindando “olas verdes” preestablecidas a los usuarios en direcciones con mayor tránsito. El centro de control de tránsito está ubicado en un edificio de Lima monumental (ver Ilustración 2-3).

**Ilustración 2-3 Centro de Control de Tránsito**



**b) SIT CALLAO<sup>[13]</sup>**

El sistema VIVD introduce el manejo y la administración del control de tránsito, por medio de un circuito cerrado de televisión, con cámaras especiales para ser usadas en la vía pública, y con el control absoluto de todos los movimientos necesarios para visualizar los alrededores, incluyendo un zoom 36x con libertad de movimiento en 360°. Puede ser analógico o digital, el usuario puede darse cuenta de la situación del tránsito al mismo tiempo.

**Instalaciones de Control de Tránsito**

Sensores remotos de tránsito vía microondas instalados para el control del tránsito en las intersecciones semaforizadas claves. Los datos del tránsito en las intersecciones son transmitidos directamente al centro de control por medio de cables exclusivos. El centro de control de tránsito está ubicado en el edificio de la Municipalidad de Callao. Se han instalado los principales equipos en este centro de control, manejados directamente por controladores locales del centro del Callao. El centro de control está compuesto por un cuarto de control y un cuarto de máquinas. El cuarto de control tiene unidades de equipos para operadores, incluyendo consolas, unidades de despliegue CRT, monitores CCTV con puntos de señales coordinados. El cuarto de máquinas tiene unidades centrales de procesamiento (CPUs) y sus periféricos, equipos de control de comunicación, y otros equipos principales para el sistema de control de tránsito. Los principales equipos se detallan a continuación:

**a) Sensor de Micro-ondas con Detector Remoto (RTMS)**

Este instrumento tiene un sensor avanzado y autónomo que detecta y monitorea el tránsito vial. El RTMS es un detector en tiempo real, que brinda información tal como presencia, volumen, ocupación del carril, velocidad, avance y tipo de vehículos.

**b) Vídeo Cámara Vehicular**

Es un equipo electrónico diseñado especialmente para detectar y tomar fotografías automáticamente, como efecto cuando los conductores cruzan una intersección y activan el semáforo de tránsito. Este equipo registra las infracciones de tránsito, tomando una fotografía clara de los vehículos, en el momento preciso en el que el conductor comete la falta, grabando el vehículo, la matrícula, fecha, hora y lugar de la infracción de tránsito, color y modelo del vehículo para su identificación.

**c) Procesador Automático de Datos**

Es un instrumento electrónico para medir la velocidad de los automóviles por medio de la toma de una fotografía, la cual determina qué conductores exceden los límites establecidos. La fotografía obtenida incluye el vehículo del infractor, la fecha, hora y lugar de la infracción además de la velocidad. La máquina de fotos tiene dispositivos digitales que permiten obtener un registro claro de los vehículos en movimiento y los números de las matrículas. Además, el equipo permite obtener estadísticas vehiculares, clasificación de información obtenida, tipo de vehículo y velocidad, y el registro de la información.

## **2.6 CONCLUSIONES**

En este capítulo se ha revisado el estado de arte de los sistemas inteligente de transporte comprendiendo la definición, objetivos y metas de estos sistemas. También se hace referencia a las categorías y lo que se utiliza actualmente que son los servicios al usuario SIT. Así mismo se hace mención a la arquitectura SIT como marco de referencia para la planificación de estos sistemas.

Por otro lado dentro de las experiencias internacionales en los sistemas inteligentes de transporte, ha habido múltiples experiencias en todo el mundo sobre todo en Europa, Japón y Estados Unidos, pero cabe mencionar que Chile ha sido uno de los principales propulsores de estas tecnologías en América del sur, posteriormente se ha implementado en Argentina y en Perú.

## CAPÍTULO III

### GESTIÓN DE TRANSPORTE URBANO

Un sistema avanzado de gestión del transporte recolecta, utiliza y distribuye información en tiempo real sobre la congestión en las calles arteriales y las autopistas. También alerta a los operadores de transporte público sobre las rutas alternativas en caso de incidentes. Los sistemas dinámicos de control de tráfico responden a las condiciones cambiantes del tráfico a lo largo de las diferentes jurisdicciones y tipos de carreteras. Esto se logra guiando a los conductores por rutas alternativas alrededor de las zonas de demora donde sea posible <sup>[14]</sup>.

#### 3.1 Objetivos

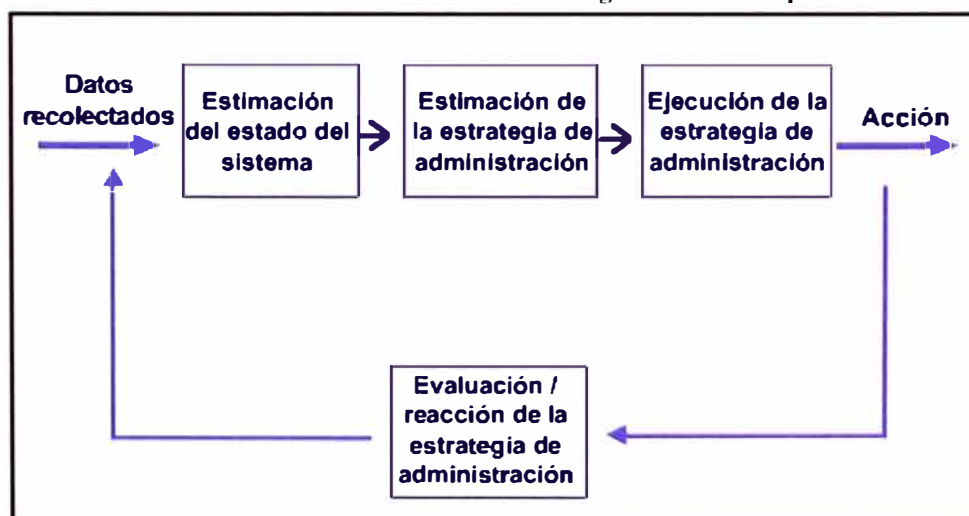
Dentro de los objetivos principales de gestión de transporte urbano tenemos:

- Mejorar la seguridad del sistema de transporte
- Mejorar la utilización de la capacidad del sistema
- Proveer servicios de transporte “predecibles”

#### 3.2 Funciones esenciales de la gestión de transporte

La implementación de la gestión de transporte puede tomar diferentes formas. Mientras que los sistemas de gestión de tráfico tienden a poseer una característica única para responder a las necesidades de transporte de una región particular, todos los sistemas de gestión de transporte comparten las mismas cuatro funciones esenciales (Gráfico 3-1).

Gráfico 3-1 Funciones esenciales de la gestión de transporte



Fuente: Dr. Briam Smith, Gestión de Transporte Urbano, Consortium for ITS Training and Education-2007



### **3.3 CLASES DE SISTEMAS DE GESTIÓN**

Los siguientes sistemas se pueden clasificar como gestión del transporte SIT:

Sistemas de semáforos

Sistemas de gestión de la vía

#### **3.3.1 SISTEMAS DE SEMÁFOROS**

Los semáforos se han estado usando desde 1920 para asignar el derecho de paso en las intersecciones. Muchos de los semáforos en uso hoy en día operan en modalidad "aislada". Esto significa que la operación de un semáforo no considera las condiciones de ninguna otra intersección.

A medida que el uso de semáforos se ha incrementado debido a la creciente demanda de tráfico, se ha hecho claro que las operaciones eficientes del sistema no pueden ocurrir con semáforos funcionando en modo aislado. Para atender esta necesidad, los ingenieros de transporte ahora operan sistemas de redes de semáforos, a través de los cuales se coordinan las señales entre intersecciones múltiples.

##### **3.3.1.1 Estimación del estado del sistema**

Para poder estimar el estado de la red, los sistemas de semáforos toman muestras de las condiciones de tráfico usando detectores ubicados en sitios estratégicos que se activan con la presencia básica de los vehículos.

La gran mayoría de estos detectores son circuitos inductivos en el pavimento, sin embargo hay tecnologías alternativas como la tecnología de detección por video.

Es importante considerar que los detectores de sistema solo pueden utilizarse para recolectar muestras de datos básicos de tráfico (generalmente volumen y ocupación), para luego usar estos datos en la estimación del estado del sistema. Esto es necesario para poder elegir un plan de tiempo apropiado para las condiciones corrientes. En otras palabras, esta función permite que se obtenga un control de tráfico adaptable.

Si bien el propósito de los detectores del sistema es auxiliar el proceso de estimación de la demanda general que el sistema de semáforos necesita satisfacer, hay momentos en los que se deben atender demandas específicas. Esto se logra con los semáforos con derecho a prioridad para los vehículos de emergencia y transporte público, con un trato preferencial en las intersecciones.

La demanda específica se detecta usando transmisores colocados en el vehículo y receptores en o cerca de la intersección afectada. Una vez determinada esta demanda, el semáforo se controla para esta condición.

### **3.3.1.2 Determinación de la estrategia de gestión**

Una vez estimado el estado del sistema, esta información se utiliza con el fin de determinar la manera de administrar el sistema – en este caso, a través de la coordinación de los tiempos de los semáforos del sistema.

El plan de tiempo de los semáforos, el conjunto de períodos de tiempo para cada semáforo en el sistema, sirve como la estrategia de la gestión para la red de sistemas de semáforos. La meta general de esta función es asignar el derecho de paso en las intersecciones de manera tal que se alcance el flujo óptimo de tráfico a lo largo de todo el sistema. Los parámetros básicos en un plan de coordinación de tiempo son los siguientes:

**\* Longitud del ciclo**

Tiempo requerido para una secuencia completa de las fases del semáforo en una intersección.

**\* Distribución**

Porcentajes de la longitud del ciclo asignados a cada una de las varias fases dentro de un mismo ciclo.

**\* Desfasaje**

Usado para proveer una progresión de banda verde en una vía arterial. El desfasaje es la diferencia entre la fase verde de la calle principal en una intersección y el comienzo del intervalo en la intersección principal.

Los métodos modernos de coordinación de tiempos para los sistemas de semáforos se pueden categorizar en dos clases:

- Primero, se puede desarrollar un conjunto de planes de coordinación estáticos diferentes que correspondan a las condiciones de tráfico típicas durante un determinado intervalo de tiempo.
- Segundo, se pueden desarrollar planes de coordinación dinámicos en “tiempo-real” como respuesta a las condiciones del tráfico. Nos referimos a este método como semáforos adaptados al nivel de tráfico.

La información básica para desarrollar planes de coordinación de tiempo de semáforos debe incluir lo siguiente:

- Geometría del sistema:
  - Espaciación entre las intersecciones
  - Número (y tipos) de carriles y ancho
- Demanda de tráfico:
  - Volúmenes vehiculares, peatonales
  - Conteo de movimientos de giro
  - Limitaciones de velocidad

Para desarrollar planes de coordinación de tiempo se pueden usar un sinnúmero de programas como PASSER, TRANSYT-7F y SYNCHRO, entre otros.

Los sistemas adaptables al nivel de tráfico necesitan un mayor número de detectores del sistema. Mientras que uno puede usar el conteo manual para movimientos “menores” en el método estático, esta misma técnica no funciona en sistemas adaptables al nivel de tráfico. En ese sentido, al tener más detectores (y a consecuencia mas comunicaciones), estos sistemas son más costosos y complejos de diseñar, instalar y mantener.

### **3.3.1.3 Ejecución de la Estrategia de Gestión**

Se implementa en cada semáforo del sistema el plan de coordinación de tiempo desarrollado o elegido. El plan generalmente se selecciona desde o se instala en el controlador local de cada semáforo, el cual maneja el semáforo hasta que se active un nuevo plan.

La efectividad del sistema de semáforos depende directamente del respeto de los conductores por estas señales. Una preocupación de seguridad en estos sistemas es que los individuos ignoran las ordenes de luz roja (pare). Se están utilizando ampliamente los sistemas de fotografía como un medio de automatizar el cumplimiento de la luz roja y como un medio de prevención para futuros ofensores.

Los sistemas de semáforos combinan:

- Detectores localizados de 6 a 8 pies (1.83 a 2.44 metros) pasando la línea de detención en cada carril (dentro de la intersección).
- Una cámara 35 mm industrial o video cámara
- Comunicaciones
- Un procesador de campo

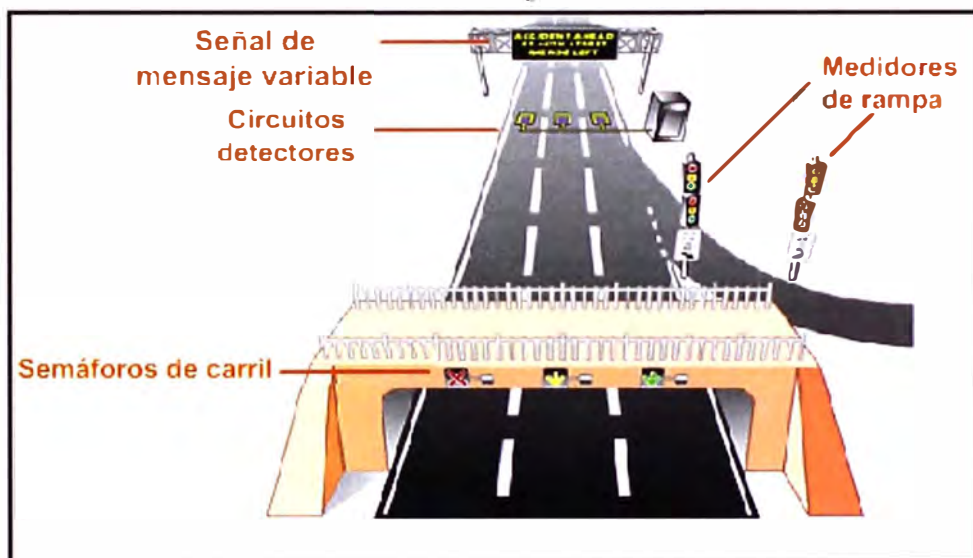
Cuando la señal se pone en rojo, el procesador revisa los detectores para ver si algún vehículo está en su área. Si es así, el procesador activa la cámara para capturar una serie de imágenes del vehículo ofensor.

Estas imágenes se imprimen con una fecha, hora, ubicación de la intersección y velocidad del vehículo. Generalmente, estas imágenes se envían luego al departamento de policía, donde se las verifica y desde donde se envían las sanciones pertinentes.

### **3.3.2 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA VÍA**

Los primeros sistemas de gestión de autopista (FMS Freeway Management Systems) aparecieron en las ciudades de Detroit, Nueva Cork, y en Chicago a comienzos de 1960. Mientras que, conceptualmente las autopistas son instalaciones de acceso limitado y de flujo libre, las tremendas demandas impuestas sobre ellas, particularmente en las principales áreas metropolitanas, han hecho necesario que las autopistas sean administradas activamente. Esta administración activa tiene la intención de asegurar que el viaje en autopista sea lo más seguro, predecible y eficiente posible. (Ilustración 3-5)

**Ilustración 3-1 – Sistemas de gestión en la vía**



Fuente: Dr. Briam Smith, Gestión de Transporte, Consortium for ITS Training and Education-2007

#### **3.3.2.1 Técnicas para la estimación del estado del sistema**

La estimación del estado del sistema de gestión de la vía consiste en tomar muestras de las condiciones de tráfico. A continuación se describe algunas técnicas para tomar estas muestras:

- a) Detectores de presencia de vehículos y/o CCTV
- b) Mapas de las condiciones del sistema
- c) Vehículos probetas
- d) Informes
- e) Algoritmos de detección de incidentes

De las cuales solo se mencionará las que serán utilizadas en el caso de estudio. Los demás serán apreciados en el *anexo B-Sistemas de Gestión de la Vía*.

**a) Detectores de presencia de vehículos y/o CCTV**

La manera más común de tomar muestras de las condiciones de tráfico en las vías es utilizando detectores de presencia de vehículos y/o cámaras de televisión de circuito cerrado (CCTV)

En general, si los detectores y las cámaras se ubican con más espacio y mayor densidad, proveen al sistema de gestión de autopista de información más completa sobre las condiciones del sistema.

Los detectores de presencia de vehículos proveen muestras de condiciones de tráfico en un punto determinado de la red.

**b) Mapas descriptivos de las condiciones del sistema**

Los mapas descriptivos de las condiciones del sistema intentan resumir y presentar toda la información sobre las condiciones “superponiendo” la información en un mapa regional. Generalmente, los enlaces del sistema que incluyen detectores o información de prueba tienen un código de color para indicar el nivel de la congestión. Además, la información de eventos, tales como las localizaciones de incidentes y zonas de trabajo, se representa usando íconos.

La meta de los mapas es describir las condiciones del sistema, permitiendo a los operadores del sistema y a los usuarios de transporte observar la vía para identificar rápidamente las condiciones normales o anormales (posibles incidentes).

**3.3.2.2 Determinación de la Estrategia de Gestión**

Una vez que el estado del sistema de la autopista ha sido determinado, el desafío que se presenta en la gestión de autopista es el desarrollo de estrategias de gestión viables. Mientras que los semáforos pueden de hecho controlar el tráfico, los sistemas de gestión de las vías tienen poca capacidad para hacerlo y, por lo tanto, deben concentrarse en la administración del sistema.

Consideraremos tres aspectos de la determinación de la estrategia de gestión:

- a) Gestión de incidentes
- b) Asignación dinámica de tráfico
- c) Medición de rampas

Dentro de estos aspectos solo se mencionará los que serán utilizados en el caso de estudio. Los demás serán apreciados en el *anexo B-Sistemas de Gestión de la Vía*.

**a) Gestión de incidentes**

El objetivo de los sistemas de gestión de autopistas es apoyar a la gestión de incidentes. Un incidente se puede definir como un evento no-recurrente que reduce la capacidad de la carretera. Por lo tanto la gestión de incidentes trabaja para restablecer la capacidad total tan pronto como sea posible de que un incidente ocurre. Las cinco fases de la gestión de incidentes son las siguientes:

- \* Detección y verificación
- \* Respuesta a las emergencias
- \* Gestión en la escena
- \* Despeje del incidente
- \* Información al motorista

**3.3.2.3 Información al viajero con medios de difusión**

Para lograr credibilidad, un sistema de gestión de autopistas debe proveer información que sea: puntual, precisa y confiable <sup>[15]</sup>.

**a) Señales de mensaje dinámico (DMS)**

Los sistemas de señales de mensajes dinámicos (DMSs – Dynamic Message Signs) se utilizan ampliamente en los sistemas de gestión de las vías. Usan un sinnúmero de tecnologías (LED, fibra óptica, etc.) y configuraciones permanentes y portátiles.

La ventaja de estos sistemas es que son un elemento de la infraestructura y todos los conductores tienen la oportunidad de leer y usar la información provista en las señales de mensajes dinámicos.

El proceso general de pensamiento definido en las guías para señales de mensaje dinámico es el siguiente:

- Propósito del mensaje
- ¿Cuál es el mensaje?
- Evaluar la presentación

**b) Radio aviso en carretera (HAR)**

El radio aviso en la carretera (HAR – Highway Advisory Radio) es otro sistema de distribución de información ampliamente usado en la gestión de autopistas.

Los sistemas HAR generalmente transmiten señales AM de bajo alcance (con rangos variables, usualmente en el orden de unos pocos kilómetros).

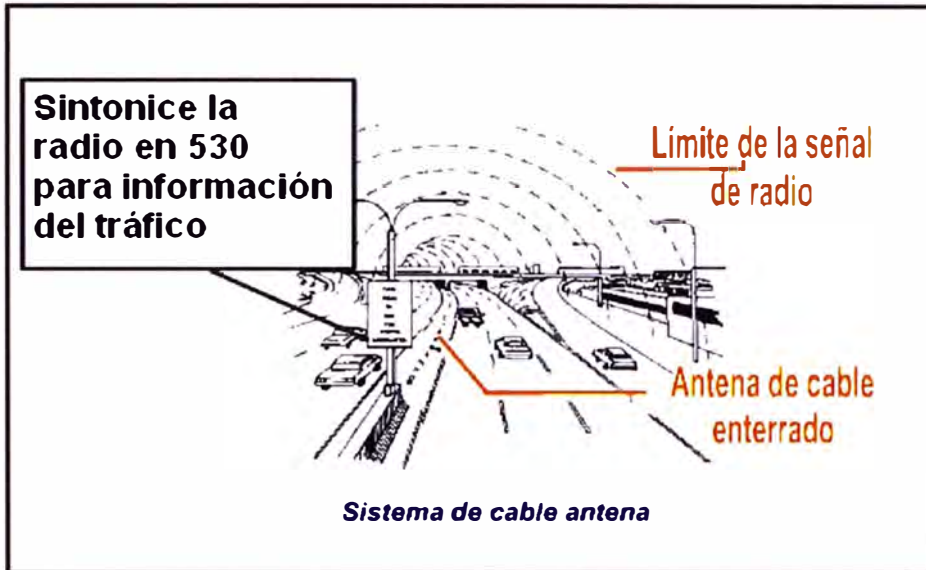
La ventaja de usar sistema HAR en vez de señales dinámicas es que provee una mayor cantidad de información.

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Sin embargo, la desventaja de usar sistemas HAR es “convencer” a los conductores de sintonizar sus radios. El motorista debe sintonizar activamente su radio en la frecuencia correcta.

En la Ilustración 3-6 se observa un sistema de radio aviso en la vía con cable antena y en la ilustración 3-7 se observa el sistema de antena mono-poste vertical.

**Ilustración 3-2 Sistema de cable antena**



Fuente: Dr. Briam Smith, Gestión de Transporte, Consortium for ITS Training and Education-2007

**Ilustración 3-3 Sistema de antena mono-poste vertical**



Fuente: Dr. Briam Smith, Gestión de Transporte, Consortium for ITS Training and Education-2007

### **3.4 Evaluación de la Estrategia de Gestión**

Los sistemas de semáforos que usan planes de coordinación estáticos de tiempo para las condiciones “normales” de tráfico requieren evaluación y reacción manual.

Los operadores de tráfico controlan las condiciones del tráfico usando los datos provenientes de los detectores del sistema y a veces de video de circuito cerrado. Con esta información, intentan determinar si las condiciones han cambiado lo suficiente como para justificar el empleo de un plan de coordinación diferente. Estos sistemas típicamente usan una plataforma de software común para facilitar estas funciones. En general este software obtiene, procesa y almacena los datos de los detectores, despliega la información de las condiciones usando una interfase gráfica, y almacena planes de coordinación de tiempos.

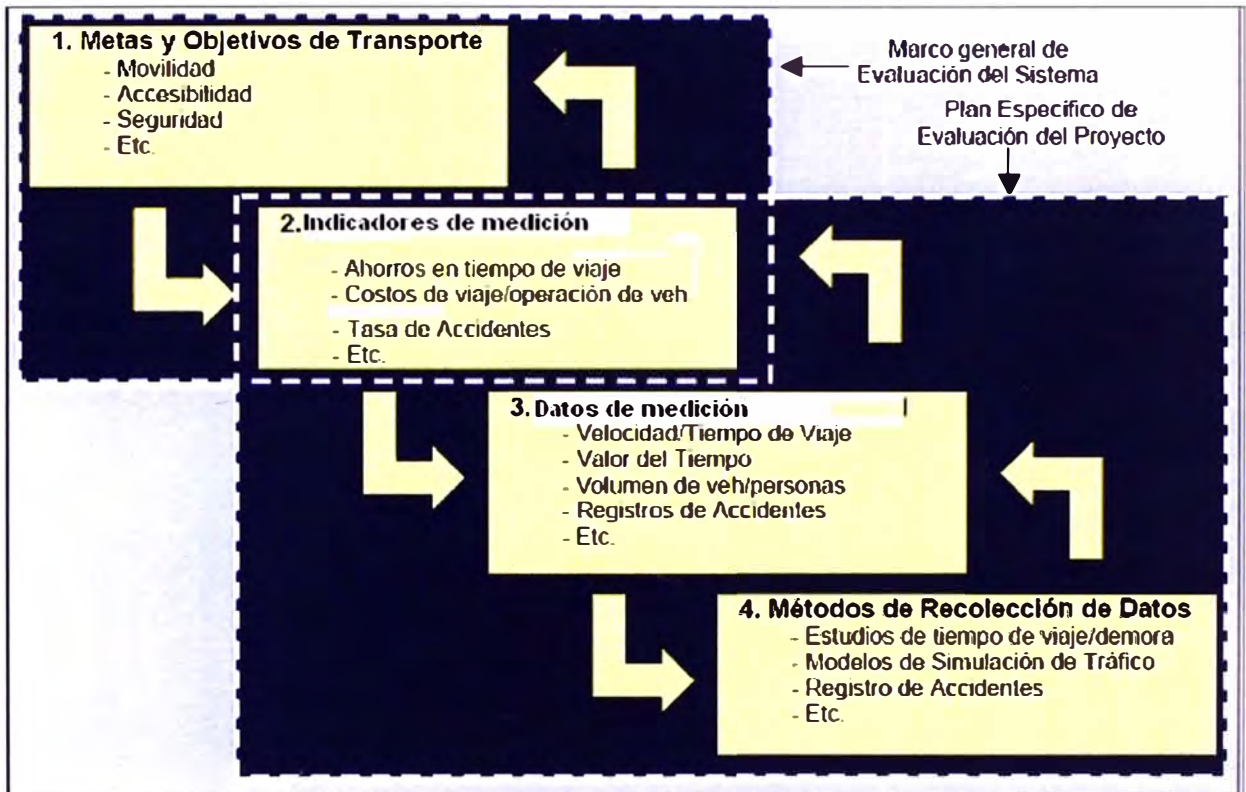
Las funciones del sistema de gestión de la vía, si bien existen una cantidad de herramientas auxiliares automatizadas, el desarrollo final y la implementación de las estrategias de gestión siguen siendo en su mayoría procesos manuales. Por lo tanto, lo que dicta la efectividad de la operación del sistema de gestión de autopista es la habilidad de los operadores del mismo. La función final, evaluación / reacción, es un aspecto significativo en el proceso de pulir y mejorar la toma de decisiones de los operadores.

Un plan de evaluación <sup>[9]</sup> como se muestra en la Gráfico 3-3, orientado a evaluar proyectos específicos basados en metas y objetivos de transporte, consiste en lo siguiente:

- Selección de indicadores o medidas específicas de evaluación. Estas se pueden obtener de la matriz de beneficios ITS basada en los objetivos del US DOT. (Tabla 3-1).
- Determinación de los datos de evaluación, necesarios para calcular los indicadores o medidas de evaluación.
- Recolección de datos/métodos de estimación. Consiste en identificar y seleccionar los métodos de recolección y de estimación que son necesarios para apoyar los datos que requiere la evaluación.



**Gráfico 3-2 Evaluaciones basadas en objetivos y metas de transporte**



Fuente: SECTRA. Aspectos Generales y Metodológicos Específicos de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS).  
septiembre 2000.

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Tabla 3-1 Matriz de beneficios SIT basada en los Objetivos**

OBJETIVO ITS	MEDIDA RELACIONADA
Aumentar la Eficiencia y Capacidad del Sistema de Transporte	Flujos/volumenes/número de vehículos Capacidad de las vías Relación volumen/capacidad Demora de vehículos Longitudes de la cola Número de paradas Restricciones de capacidad por incidentes Tasa media de ocupación de vehículos Uso de modos de tránsito y de HOV Tiempo de transferencia Intermodal Costos de operación de Infraestructura Costos de operación de vehículos
Mejorar la Movilidad	Número de viajes Tiempo de viaje individual Variabilidad del tiempo de viaje individual Congestión y demoras por incidentes Costo de viaje Veh-km recorridos Número de accidentes Número de incidentes de seguridad Exposición a los accidentes e incidentes
Mejorar la Seguridad	Número de incidentes Número de accidentes Número de lesiones Número de fatalidades Tiempo entre incidente y aviso Tiempo entre aviso y respuesta Tiempo entre respuesta y llegada a la escena Tiempo entre llegada a escena y resolución del incidente Costos médicos Daño a la propiedad Costos de seguros
Reducir Consumo de Energía y Costos Medioambientales	Emisiones de NO <sub>x</sub> Emisiones de SO <sub>x</sub> Emisiones de CO Emisiones de VOC Litros de combustible consumidos Eficiencia de combustible del vehículo
Aumentar la Productividad Económica	Ahorro de tiempo de viaje Ahorro de costos de operación Ahorro costos administrativos y regulatorios Ahorros de RR. HH. Mantenimiento y depreciación de vehículos Recolección de información de costos Integración de sistemas de transporte
Crear un Ambiente para un Mercado de ITS	Trabajos del sector SIT Productos del sector SIT Exportaciones del sector SIT

Fuente: SECTRA. Aspectos Generales y Metodológicos Específicos de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS). setiembre 2000

### **3.5 CONCLUSIONES**

En este capítulo se presenta el sistema de gestión de transporte dentro del marco SIT, cuyos objetivos principales son:

- Mejorar la seguridad del sistema de transporte
- Mejorar la utilización de la capacidad del sistema
- Proveer servicios de transporte “predecibles”

La implementación de la gestión de transporte puede tomar diferentes formas, mientras que, los sistemas de gestión de tráfico tienden a poseer una característica única para responder a las necesidades de transporte de una región particular, los sistemas de gestión de transporte comparten las mismas cuatro funciones esenciales que son: estimación del estado del sistema, determinación de la estrategia, ejecución y evaluación de la estrategia basada en los objetivos y metas propuestas.

Para el buen desempeño operacional de un sistema de gestión de transporte es necesario obtener una buena gestión de mantenimiento y soporte de los equipos y sistemas. Esto es particularmente importante para los sistemas y equipos instalados en las vías, debido a que la información y la toma de decisiones se realizan sobre la base de la información recolectada en el terreno.

## **CAPÍTULO IV**

### **APLICACIÓN DE SISTEMA DE GESTIÓN DE TRANSPORTE EN EL MUNDO**

Los sistemas ATMS, en particular los sistemas de control de tráfico, es una de las tecnologías más usadas y difundidas en el mundo. Las ciudades y carreteras más importantes en Estados Unidos, Europa, Canadá, Latinoamérica, Asia y Oceanía cuentan con estos sistemas.

#### **4.1 Efectos de la Aplicación del Sistema Gestión del Transporte**

- a) Las estadísticas obtenidas de la aplicación de control dinámico SCOOT en diversas ciudades del mundo permiten mostrar los siguientes índices, en comparación con la mejor programación de planes de tiempo fijo de los semáforos <sup>[16]</sup> (por ejemplo, obtenidos por Transyt):
- Reducción de los tiempos de viaje en un 8%
  - Reducción de las esperas en las intersecciones en un 17%
  - Reducción de las detenciones en un 22%
  - Reducción del consumo de combustible en un 5,7%
- b) Las operaciones de señales para el control de tráfico en Estados Unidos indican<sup>[17]</sup>:
- Reducciones en el consumo de combustible de hasta el 10%, lo que resulta en un ahorro de 17 mil millones de galones de carburante por año.
  - Reducciones de las emisiones nocivas (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles) hasta en un 22%.
- c) El control de tráfico urbano en Europa muestra reducciones al medio ambiente entre el 26 y 30% <sup>[9]</sup>:
- d) El programa de sincronización de los semáforos en Texas muestra reducciones de 24,6% en la demora, un 9,1% en el consumo de combustible, y el 14,2% en detenciones. <sup>[18]</sup>

- e) El sistema coordinado de señales en Syracuse, New York que conectó las intersecciones a una red de comunicaciones produjo reducciones de hasta un 34% en el tiempo de viaje.<sup>[19]</sup>
- f) Los sistemas de adaptación de señal han demostrado el rendimiento de mejora de la red del 5% a más del 30%.<sup>[20]</sup>
- g) El Sistema de señales para el control de tráfico en California redujo el uso del combustible mostrando una relación coste/beneficio de 17:1, con reducciones de 14% en la demora, 8% en el consumo de combustible, 13% en las paradas, y 8% en los tiempos de viaje.<sup>[21]</sup>
- h) La reasignación de las señales de tráfico produjo mejoras en 11 intersecciones de vías arteriales en St Augustine, Florida, mostrando una reducción de 36% en demoras, 49% en las paradas, y 10% en el tiempo de viaje, lo que supone un ahorro anual de combustible de 26,000 galones y un ahorro de costes de \$ 1,1 millones.<sup>[22]</sup>
- i) Las diversas reasignaciones de las señales de tráfico en proyectos de EE.UU. y varias ciudades canadienses<sup>[23]</sup> reveló que:
  - Las demoras pueden disminuir de 13 a 94%.
  - La reducción por detenciones puede reducirse entre un 10 y un 77%
  - El tiempo de viaje puede caer de 7 a 25%.
  - Reducción del consumo de combustible de 2 a 9%.
  - Reducción de la frecuencia de choques en 3%.

#### **4.2 Aplicación de los Sistemas de Gestión del Transporte en el Mundo**

A continuación se presentan cuadros resúmenes sobre aplicaciones de sistemas de gestión de transporte en el mundo.

Se detalla las aplicaciones en Europa, Estados Unidos, Chile, Argentina y Perú. Enfocándonos en los objetivos, la operación y las principales tareas y actividades desarrolladas.

#### **4.2.1 Europa – Inglaterra, Southampton: ROMANSE<sup>[24]</sup>**

##### **1) OBJETIVO**

Influir en el comportamiento de viaje por la disposición de acceder a los minutos de tráfico y de información sobre viajes y el uso de las modernas técnicas de gestión del tráfico.

##### **2) OPERACIÓN**

El proyecto ROMANSE tiene la colaboración de tres autoridades locales: Hampshire, Southampton y Portsmouth.

En el Consejo del Condado de Hampshire, opera una sala de control con un gran número de pantallas de circuito cerrado de televisión con enlaces de fibra óptica (tiempo real) y de acceso telefónico (ISDN) con cámaras. El equipo tiene acceso a la información del centro de la ciudad, carretera y autopista que alimenta todo el condado.

Numerosos operadores vigilan los distintos sistemas desde las 7 am a 7pm de lunes a sábado.

Otros sistemas supervisados y mantenidos en las tres salas de control, incluyen:

- Seguimiento y control de tráfico
- Presentación de informes de fallos y mantenimiento
- El suministro de información

##### **3) PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

- Reconocimiento automático de números de placas
- Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)
- La agencia de Carreteras (Highways Agency) vigila el tráfico y entrega información sobre tráfico y desplazamientos.
- Tecnología de lazo Inductivo es una manera simple y fiable para detectar la circulación de vehículos en superficie de la vía.
- La relación entre los operadores ROMANSE y la Policía es de dos vías.
- La radio es un medio de transmisión ideal para información sobre tráfico y desplazamientos,
- El Centro Control de Tráfico Urbano ofrece:
  - i. Detalles de la situación actual de los equipos tales como los semáforos, permitiendo el uso de SCOOT como una señal de gestión y control del sistema.
  - ii. Detección de fallas y la presentación de informes relacionados con el equipo de la calle.
  - iii. Información de ocupación en tiempo real.
- Canales de entrega de información
  - i. Internet: Información que salen de las salas de control, siendo constantemente actualizados en la Web
  - ii. Boletines de viaje: Se envía por fax o por correo electrónico a muchas organizaciones y particulares con interés en la información sobre el tráfico.
  - iii. Sistema de Información de Cronometro en Autobús: El sistema funciona a través de una tecnología inalámbrica denominada GPRS que permite a cada autobús transmitir su ubicación en nuestro centro de control donde se hace un seguimiento a cada autobús
  - iv. Señales de Mensaje Variable: Proporciona información en directo a los conductores en el viaje.
  - v. Dispositivos móviles
  - vi. Módulos de información: Uso de la tecnología de pantalla táctil, en la calle estos módulos son una manera fácil de obtener la última información sobre tráfico y desplazamientos de viaje

#### **4.2.2 America- Estados Unidos, Texas: TRANSTAR<sup>[25]</sup>**

##### **1) OBJETIVO**

El consorcio Houston TranStar es una asociación de cuatro organismos gubernamentales que son responsables de proporcionar transporte para el **manejo de emergencias y administración de servicios a la gran región de Houston**. Los siguientes organismos han firmado un acuerdo interlocal para compartir sus recursos y encontrar soluciones para la prestación de estos servicios a los ciudadanos de la región.

- El Departamento de Transporte de Texas
- El Consejo de Harris
- La Autoridad de Tránsito Metropolitano del Consejo de Harris
- La ciudad de Houston

##### **2) PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

###### **• Gestión de Transporte**

Desde su creación, la asociación Houston TranStar se ha ocupado de los problemas de transporte a través de la tecnología y la coordinación entre organismos.

El centro de Houston TranStar es parte de un esfuerzo nacional para establecer un sistema inteligente de transporte (SIT) en toda la nación. Estas tecnologías incluyen: cámaras de circuito cerrado de televisión (CCTV), DMS, sincronizada de señales de tráfico, los sensores de velocidad, HAR, y otros aparatos de alta tecnología.

###### **• Manejo de Emergencias**

Houston TranStar es una asociación de agencias que agiliza la respuesta de emergencia. Cuando se producen situaciones de emergencia, como los huracanes, inundaciones, explosiones industriales o ataques terroristas, el centro de operaciones de emergencia (EOC) esta activado en Houston TranStar

###### **• Nivelación de Recursos**

Houston TranStar incluye departamentos de ingeniería, aplicación de la ley, tecnologías de la información y gestión de emergencias. Estos recursos están disponibles para ayudar y asesorar a otros organismos asociados.

###### **• Innovación**

Houston TranStar fue el primer centro en combinar transporte y centros de gestión de emergencias. Houston TranStar fue uno de los primeros en elaborar y adoptar un controlador de la señal de tráfico ATC y el centro común de software para la utilización conjunta entre el control de varias jurisdicciones.

##### **3) BENEFICIOS**

La reducción anual (2005) en tiempo de viaje al centro operación se estimó en 11.8 millones de vehículos/hora, con un valor estimado de 216.8 millones de dólares de ahorro. Estos ahorros de tiempo de viaje se estima que han reducido el consumo de combustible por 22.2 millones galones, lo que supone un ahorro adicional de 49.3 millones de dólares. La reducción en el consumo de combustible también se traduce en una reducción neta de emisiones de gases de escape equivalente a 480 toneladas de hidrocarburos; 3,105 toneladas de monóxido de carbono y 699 toneladas de óxidos de nitrógeno.

#### **4.2.3 América – Chile, Santiago: SCOOT<sup>[26]</sup>**

##### **1) OBJETIVO**

Coordinar, supervisar y monitorear remotamente la operación de casi la totalidad de los semáforos existentes en la ciudad de Santiago. Opera permanentemente en tiempo real, segundo a segundo transmite instrucciones a cada uno de los semáforos y, a su vez, cada segundo recibe información diversa de cada semáforo. Para ello, se cuenta con una completa red de comunicaciones entre cada semáforo y el sistema de control.

##### **2) OPERACIÓN**

El sistema de control de tránsito de Santiago es uno de los mayores y más avanzados del mundo. Actualmente controla unos 1,750 semáforos, de los cuales unos 1,400 operan con planes de tiempo prefijados según la hora del día; 300 lo hacen en control dinámico (SCOOT), es decir, sus programaciones varían permanentemente de acuerdo a los flujos vehiculares existentes; y, finalmente, unos 50 dispositivos aislados espacialmente, cuentan con sensores en todos sus accesos y los derechos de paso se van concediendo según la demanda puntual que se registre.

En Santiago, Chile, la Unidad Operativa Control de Tránsito (UOCT) fue creada a fines de la década de los ochenta, adscrita al Ministerio de Planificación y Cooperación.

##### **3) PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

###### **a) Administración y Operación del Sistema de Control de Tránsito de la ciudad de Santiago**

- Ejecución de Proyectos de Mejoramiento de Gestión de Tránsito, orientados a optimizar las condiciones de operación y de seguridad en intersecciones de la Red Vial Básica
- Labor de apoyo a Municipalidades, Ministerio de Obras Públicas y Servicio Metropolitano en materia de gestión de tránsito.
- Revisión de Estudios de Impacto Vial en proyectos públicos y privados que afecten la operación de semáforos aislados o redes de semáforos.
- Certificación de Controladores de Tráfico, antes de autorizar o renovar los permisos de instalación en cruces semaforizados de la ciudad de Santiago
- Centro de Noticias de Tránsito

###### **b) Sistemas Complementarios y de Apoyo a la Gestión de Tránsito**

- Sistema de Circuito Cerrado de Televisión, Sistema de Letreros de Mensaje Variable
- Sistema de Información Geográfico, Sistema de Prioridad para Vehículos de Emergencia
- Red de Estaciones de Conteo Automático de Tráfico, Sistema de Información Municipal
- Sistema de Detección Vehicular por Video

###### **c) Modalidades de Funcionamiento de los Semáforos**

Planes de Tiempos Prefijados, Consiste en la implementación de programaciones predefinidas, las que han sido obtenidas a partir de conteos históricos de flujos vehiculares.

Control Dinámico (SCOOT) también llamada "semáforos inteligentes", pues los tiempos de los semáforos se van adecuando permanentemente a la demanda existente, la que es captada a través de sensores instalados bajo la calzada

Actuación Total, aislados espacialmente, por lo que no requieren coordinación con otros semáforos. Existen sensores ubicados en cada uno de sus accesos y los derechos de paso se van concediendo según la demanda puntual que se registre.

##### **4) BENEFICIOS**

Según los estudios disponibles, se logra importantes beneficios de reducción de tiempos de viajes (7,9% en la punta de la mañana y 7,6% en la punta de la tarde).<sup>[50]</sup>



#### **4.2.4 América – Argentina, Rosario: CENTRO DE CONTROL DE TRÁNSITO <sup>[27]</sup>**

##### **1. OBJETIVO**

Monitorear en tiempo real todas las intersecciones subordinadas a la red semaforizada de la ciudad. La recepción inmediata de tal información permite planificar y adecuar el sincronismo de las arterias a las demandas del tránsito.

##### **2. OPERACIÓN**

El Centro de Control de Tránsito fue puesto en marcha en septiembre del 2000, el mismo cuenta con capacidad para controlar un mínimo de 800 intersecciones y recibir la información de por lo menos 1.000 detectores de tránsito.

Para obtener una visualización completa del funcionamiento de las intersecciones y de los detectores se instaló un panel sinóptico de 4,80 m de ancho por 5,40 m de alto en el que mediante puntos luminosos se detecta el estado de cada uno permitiendo a los operadores del sistema actuar con rapidez ante cualquier anomalía.

##### **3. PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

El sistema es jerárquico de inteligencia distribuida. Las espiras colocadas en la calzada ofician de detectores de los pulsos que generan los vehículos. A través de ellas se hace una lectura del paso de los automóviles por las intersecciones centralizadas. Esa información viaja mediante la interfase de comunicación al Centro de Control donde se procesa y se devuelve al campo la señal más adecuada para esa realidad. En caso de detectarse una falla en algún semáforo o una congestión que se prolonga por más de 15 minutos, desde la central se modifica el programa hasta que se subsane el inconveniente.

El sistema cuenta con una base de datos para el almacenamiento de hasta 25 programas, indicándose para cada situación planes de tiempos, datos del tránsito y de eventos imprevistos. Pueden especificarse hasta diez estaciones por año y los programas pueden definirse para siete días diferentes.

El sistema incluye mensajería variable, un servicio para los conductores nuevo en el país. La mensajería variable opera carteles luminosos que indican la velocidad de la onda verde y el grado de congestión de las calles. La señal de coordinación sirve para que los conductores ajusten su desplazamiento a la onda verde; así se evitan las detenciones frecuentes y se ahorra en combustible y en frenos. El grado de congestión previene sobre cómo está el tránsito algunas cuabras adelante y ayuda a la elección de rutas alternativas

##### **4. BENEFICIOS**

Esas acciones han contribuido a reducir los accidentes y a preservar la vida: desde que funcionan los sistemas, la cantidad de muertes por accidentes de tránsito ha bajado a la mitad, el número de lesionados se redujo un 25 por ciento y un 10 por ciento los daños materiales.

También se han reducido las paradas y las duraciones de los viajes entre un 15% y 20%.

## **4.2.5 América – Perú, Lima: OLAS VERDES Y CENTRO DE CONTROL CALLAO**

### **4.2.5.1 En Lima: OLAS VERDES<sup>[13]</sup>**

#### **1. OBJETIVO**

Brindar “olas verdes” preestablecidas a los usuarios en direcciones con mayor tránsito.

#### **2. OPERACIÓN**

En la ciudad de Lima, el control del tránsito centralizado por el sistema sincronizado abarca 107 intersecciones semaforizadas en el área central (centro de Lima), y el sistema independiente de control de tránsito abarca 514 intersecciones semaforizadas fuera del área central. El área del sistema de control centralizado del área central está dividida en cuatro (4) sub-áreas para el control. Adicionalmente, un total de 3.5 km de la Av. Canadá al exterior de las 4 sub-áreas está controlado por un sistema sincronizado sin sensores de tránsito.

Los principales equipos que se tienen:

- a) Equipo de control de comunicación;
- b) Equipo maestro de control para las unidades centrales de procesamiento (CPUs) y sus periféricos;
- c) Operadores para consolas, unidades de despliegue CRT, y
- d) Sensores vehiculares de tipo ultrasónico para medir el volumen del tránsito (en mal estado)

#### **3. PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

Duración de las Fases de los Semáforos y Ciclos de Tiempo

Generalmente hay dos (2) patrones de fases de los semáforos por área de estudio. En el área central, la duración del tiempo del ciclo para las intersecciones sincronizadas se establece en 100 segundos y 110 segundos durante los períodos pico, y en 90 segundos para las horas valle. Por otro lado, la duración del tiempo del ciclo para otras áreas se establece en 90 segundos, sin considerar los períodos de tiempo.

Durante períodos pico, la policía de tránsito controla las intersecciones semaforizadas en las principales vías. Las operaciones manuales están basadas en una evaluación de las condiciones de los puntos por medio de observaciones visuales realizadas por la policía de tránsito y / o información recibida por medio de transceptores.

Existen en total 65 intersecciones que operan por medio de un sistema computarizado, a los cuales se les puede incorporar la flexibilidad de expandir o modificar el sistema para reajustarlo a condiciones futuras. Actualmente, el sistema no puede operar un control de respuesta al tránsito, debido al mal funcionamiento de los sensores de tránsito en las intersecciones. Esto fue causado por la falta de mantenimiento en el aspecto técnico.

En la actualidad la Municipalidad de Lima Metropolitana ha implementado una serie de elementos denominados Sistema de Transporte Inteligentes<sup>[28]</sup>, orientados a prestar ayuda en caso de emergencias viales y emergencias médicas. Estos servicios se ubican en la Carretera Panamericana Sur (km. 48 entre Puente Atocongo – ingreso localidad Pucusana).

A continuación se detallan los servicios y los equipos existentes.

- **Isla de Servicio.-** Ubicadas en los km 31 sentido norte/sur y 47 sur/norte estas estaciones brindan a los usuarios servicios higiénicos, personal de auxilio mecánico, SOS NET, Internet Wi-Fi, Cabina SOS, Médicos y Servicio de Ambulancia.
- **Sistema de Cámaras de Monitoreo y Página Web.-** permite apreciar los avances de las obras de la capital.
- **Automatización de Puntos de Venta de Peaje.-** implementación de sistemas automatizados expendedores de boletos de peaje en todos los controles viales administrados por Emape.
- **Radares de Control de Velocidad.-** Son el complemento de los paneles preventivos. Los radares muestran al conductor su velocidad de desplazamiento en tiempo real mediante elementos de alta luminosidad (lumileds) que pueden ser vistos desde 100 metros antes.
- **Paneles de Señalización Variable.-** Estos paneles, de uso preventivo tienen la virtud de recordarle al conductor buenas prácticas como: el uso del cinturón de seguridad y el respeto de las velocidades indicadas en la vía.
- **Estaciones de Servicio de Emergencia.-** Ubicadas a lo largo de la Panamericana Sur, desde el km. 10 al 57, en donde contará con la ayuda que le permita solucionar los incidentes que se le presenten
- **Geolocalización Nextel.-** Este sistema de comunicación permite conocer la ubicación de las unidades móviles de auxilio vial, para disponer su desplazamiento en caso de alguna eventualidad en la vía.
- **Equipos SOS.-** Esta tecnología está constituida por una veintena de postes que fueron colocados estratégicamente en la Panamericana para auxiliar al usuario in situ. Los postes SOS brindan auxilio mecánico y/o médico con solo presionar un botón.

Entre otros como una central de operaciones, clínicas móviles, servicio de grúas y vehículos de auxilio mecánico y rescate. Siendo utilizados estos servicios en los planes de verano.

#### **4. BENEFICIOS**

Se modernizó la atención en los peajes con un sistema que permitió atender a 11 vehículos más por minuto comparado con el verano anterior, mejorando el ahorro de combustible en 20,700 galones.

Se atendieron 1,306 llamadas de auxilio entre emergencias viales y médicas

#### **4.2.5.2 En el Callao: CENTRO DE CONTROL CALLAO<sup>[13]</sup>**

##### **1. OBJETIVO**

Manejo y la administración del control de tránsito en el área central del Callao.

##### **2. OPERACIÓN**

Las fases de semáforos en el área del Centro siguen el sistema sincronizado basado en el Sistema VIVD (Sistema de Detección de Vehículos por Videos), y otras áreas siguen el sistema independiente. Para el sistema sincronizado, el patrón del ciclo responde al cambio en la información del tránsito enviada por los detectores. La intersección clave funciona como el punto de base para determinar el ciclo de control, intervalo y compensación. De este modo, actualmente, se ha estado ejecutando el mejoramiento técnico del sistema de control de semáforos para mitigar la congestión del tránsito.

Duración de las Fases de los Semáforos y Ciclos de Tiempo

La mayoría de las intersecciones tienen entre 2 y 3 patrones de fases de semáforos. La duración del tiempo de ciclo en las intersecciones semaforizadas se establece en aproximadamente  $105 \pm 12$  segundos, por otro lado, el ciclo de tiempo en otras áreas varía entre 60 y 30 segundos.

##### **3. PRINCIPALES TAREAS Y ACTIVIDADES**

###### **a) Sistema de Semáforos Computarizado**

El ciclo de control, división y compensación se adaptan automáticamente al tránsito dependiendo de la demanda vehicular, para poder mantener un flujo de tránsito continuo y condiciones seguras al mismo tiempo.

###### **b) Sistema de Administración de Tránsito**

El número de vehículos es contado por el circuito cerrado de televisión y los detectores, que permite obtener la información en tiempo real.

###### **c) Sistema de Control y Detección de Infracciones de Tránsito**

El sistema está compuesto por un juego de equipos que garantiza la reducción de los accidentes de tránsito, por medio de la observación de vehículos utilizando fotografías. El sistema puede imponer multas a los infractores que incumplen las normas de tránsito.

En la actualidad la Municipalidad del Callao trabaja con el consorcio Tránsito Ciudadano conformado por las empresas Perkons S.A. y Sutec.S.A., el sistema que esta administrando es de control de 7 cámaras de video en:

Jr. Fernandi – Ca. Supe	Av. Guardia Chalaca – Ca. Topacios
Av. Sáenz Peña – Av. 2 de Mayo	Av. Miguel Grau – Av. Pacífico
Av. Miguel Grau – Av. Marco Polo	Av. Sáenz Peña – Jr. Vigil
Av. Miguel Grau – Av. Chocrane	

Adicionalmente se han implementado lo siguiente:

**Tope Electrónico** posee un sistema de control de velocidad y seguimiento de flujo de tránsito, que reúne equipamientos y softwares de captación, procesamiento de imágenes y datos. Cuando el vehículo pasa por los sensores instalados en la pista, el tope electrónico calcula su velocidad y la indica en el display.

El sistema está formado por dos torres de aproximadamente tres metros y medio de altura, estos topes no sólo permitirán controlar la velocidad, sino también registrar el tipo de vehículos que circulen, ya sean automóviles, ómnibus, camiones y hasta mototaxis.

**ViaPK** (Vehículo de Monitoreo Electrónico Perkons) es un automóvil especialmente desarrollado para el auxilio a la gestión de seguridad pública en el monitoreo y control de tránsito y transporte.

El ViaPK posibilita un amplio monitoreo de la flota para el control de velocidad, verificación de la regularización de la documentación de vehículos y conductores, fiscalización de impuestos, entre otras aplicaciones.

#### **4. BENEFICIOS**

Los equipos de semaforización siguen trabajando en la actualidad con la incorporación de nuevas cámaras y equipos

En lo referente a los topes electrónicos, según estadísticas de la Comisaría de la Perla, se realizó un investigación de los accidentes de tránsito ocurridos en el año 2007 y 2008 (abril); para analizar la eficiencia de dichos elementos reductores de velocidad que fueron implementados en el año 2007 resultando que los accidentes de tránsito en comparación al total hasta el mes de abril 2007 se mantienen igual hasta el total al mes de abril 2008. (Ver anexo C: *Accidentes de Tránsito en la av. La Marina*)

### **4.3 CONCLUSIONES**

En este capítulo se refiere a la aplicación de los sistemas de gestión del transporte en el mundo, observando los efectos de la implementación de este sistema que incide en varias experiencias internacionales en la reducción de los tiempos de viaje en un 8%, reducción de las demoras y detenciones en intersecciones 22% <sup>[17]</sup>, reducción de accidentes de tránsito y emisiones al aire entre otros factores importantes que se deben tomar como referencia para la aplicación de estos sistemas.

De acuerdo a las experiencias observadas, podemos decir que la implementación de un sistema de gestión de transporte puede ayudar a resolver los problemas relacionados a la congestión, tiempo de viaje, accidentes de tránsito y emisiones al aire.

## **CAPÍTULO V**

### **CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES VÍAS EN LIMA METROPOLITANA Y ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS SIT- GESTIÓN DE TRANSPORTE**

En este capítulo se realizará el análisis de la caracterización de las principales vías en Lima metropolitana y las alternativas tecnológicas SIT- Gestión de transporte. En la caracterización de las principales vías de Lima metropolitana se presentan los problemas de congestionamiento (Fotografía 5-1) de tránsito ocasionando cuellos de botella en algunas intersecciones, velocidades de viaje, además de problemas con la seguridad vial y la contaminación ambiental.

En las alternativas tecnológicas analizaremos las diversas medidas de sistemas de transporte inteligente (Gestión del Transporte) SIT, utilizados para poder mitigar los problemas observados en la caracterización de estas vías.

**Fotografía 5-1 Congestión en avenidas limeñas**



Fuente: <http://img198.imageshack.us/img198/7172/congestinenlimasf2.jpg>, 2008

**5.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PRINCIPALES VÍAS EN LIMA METROPOLITANA**

Para la caracterización de las principales vías en Lima metropolitana se evaluarán los criterios de nivel de servicio, velocidad y flujo vehicular.

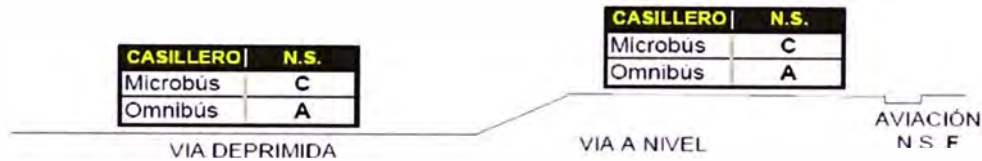
**5.1.1 AVENIDA GRAÚ**

Según el Informe Técnico “Evaluación de la Mejora del Servicio en la Via Expresa Grau” MML-GTU- 2007<sup>[29]</sup>

**a) NIVEL DE SERVICIO.**

Actualmente vienen operando 18 rutas de transporte público por la pista central de la av. Almirante Miguel Grau. Según el gráfico 5-1, se observa un nivel de servicio “F” (vía a nivel) en el tramo entre la av. Nicolás Ayllón y av. Aviación, lo cual es indicador de un flujo de operación inaceptable. Esto se origina por la presencia de un mercado informal en las vías alternas ca. García Naranjo y ca. Raimondi, que hace inviable la circulación de 27 rutas de transporte autorizadas por la GTU.

**Gráfico 5-1 Ilustración del nivel de servicio en la Vía Expresa Grau**



**b) VELOCIDADES**

Del informe técnico de la av. Miguel Grau, las velocidades desarrolladas presentan 20 km/h desde la av. Nicolás Ayllón hasta la Plaza. Grau, con un tiempo de viaje en el tramo mencionado de 7 minutos en promedio.

**c) FLUJO VEHICULAR**

El flujo vehicular actual promedio es de 615 UCP/hora, entre buses (10%) y microbuses (90%) de acuerdo al detalle del siguiente cuadro.

**Tabla 5-1 Flujo vehicular en la pista central de la Av. Miguel Grau**

Fecha	Hora	Aproximación	Flujo Vehicular		n/s
			E-O	O-E	
27/03/2007	9.00-10.00 AM.	Av. Abancay	579 UCP	523 UCP	A
24/04/2007	08.15-09.15 AM.	Av. Aviación	612 UCP	676 UCP	A
24/04/2007	08.30-09.30 AM.	Jr. Lucanas	653 UCP	630 UCP	A
<b>PROMEDIO</b>			615 UCP	609 UCP	



**5.1.2 AVENIDA AREQUIPA**

Según el Proyecto de Ingeniería de Gestión del Tráfico en las av. Arequipa, Petit Thouars, Arenales – 2005, de Paid Consultores, MML-GTU

**a) NIVEL DE SERVICIO.**

Según el proyecto mencionado el nivel de servicio en la avenida es D, como promedio de todas las intersecciones.

**b) VELOCIDADES**

De la información de campo recogida en la av. Arequipa, las velocidades desarrolladas presentan en promedio 20 km/h o menor en horas punta y en horas valle en promedio 27km/h desde la Ovalo de Miraflores hasta el jirón. Saco Oliveros.

**c) FLUJO VEHICULAR**

SENTIDO CON	SENTIDO CON	SENTIDO CON	SENTIDO CON	HORA PUNTA	CANTIDAD UCP
AV 28 DE JULIO	MAÑANA	9,005	JR PEDRO CONDE	MAÑANA	3,723
	TARDE	8,082		TARDE	3,659
AV SACO OLIVEROS	MAÑANA	2,663	AV DE LA TORRE UGARTE	MAÑANA	3,666
	TARDE	2,611		TARDE	3,682
AV CUBA	MAÑANA	4,249	CALLE CHINCHÓN	MAÑANA	3,435
	TARDE	3,936		TARDE	3,130
AV MARIANO CARRANZA	MAÑANA	3,419	AV JUAN DE ARONA	MAÑANA	3,680
	TARDE	3,231		TARDE	3,770
AV MANUEL SEGURA	MAÑANA	3,309	CALLE LA HABANA	MAÑANA	3,115
	TARDE	3,215		TARDE	2,994
AV MANUEL CANDAMO	MAÑANA	3,277	AV ARAMBURÚ	MAÑANA	4,330
	TARDE	3,113		TARDE	4,265
AV PARDO DE ZELA	MAÑANA	4,031	AV ANGAMOS	MAÑANA	3,964
	TARDE	3,816		TARDE	3,632
AV BERNARDO ALCEDO	MAÑANA	3,193	ÓVALO DE MIRAFLORES	MAÑANA	5,161
	TARDE	3,072		TARDE	5,198

**d) SEGURIDAD VIAL**

En la av. Arequipa se obtuvo registros de accidentes de tránsito de las Comisarias de Petit Thouars y San Isidro ocurridos en los años 2005, 2006 y 2007 que presentan 62, 73 y 71 accidentes de tránsito respectivamente, observando que los accidentes van en aumento. (Ver detalle en el capítulo VI, pág. 125).

El Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao del 2004, propone en el Plan de Acción de Urgencia un sistema de señales sincronizada en la Avenida Arequipa por el siguiente motivo: gran congestión de tránsito, indicando un control de tránsito inadecuado.

### 5.1.3 AVENIDA PETIT THOUARS

Según el estudio de Tránsito “Remodelación y Rehabilitación de las Avenidas Arenales, Arequipa y Petit Thouars”- 2005 de Vera&Moreno S.A.-MML-GTU. [30]

#### a) NIVEL DE SERVICIO.

El nivel de servicio en la avenida se calcula en D, como promedio de todas las intersecciones.

#### b) VELOCIDADES

Del proyecto mencionado en la Av. Petit Thouars, las velocidades desarrolladas presentan en promedio 23 km/h desde la Av. Ricardo Palma hasta el Jr. Saco Oliveros.

#### c) FLUJO VEHICULAR

El flujo vehicular se presenta a continuación, teniendo en las intersecciones de av.28 de Julio, av. Cuba y av. Aramburu la mayor cantidad de flujo vehicular.

SENTIDO CON	HORA PUNTA	INTERSECCIÓN
		AV PETIT THOUARS
		CANTIDAD UCP
AV. 28 DE JULIO	MAÑANA	5,454
	TARDE	4,653
AV. SACO OLIVEROS	MAÑANA	1,739
	TARDE	2,015
AV. CUBA	MAÑANA	1,786
	TARDE	3,435
AV. MARIANO CARRANZA	MAÑANA	2,618
	TARDE	2,733
AV. MANUEL SEGURA	MAÑANA	2,406
	TARDE	2,621
CALLE CHINCHÓN	MAÑANA	2,496
	TARDE	2,057
AV. JUAN DE ARONA	MAÑANA	2,584
	TARDE	2,780
CALLE LA HABANA	MAÑANA	2,269
	TARDE	2,516
AV. ARAMBURÚ	MAÑANA	3,415
	TARDE	4,064
AV. ANGAMOS	MAÑANA	3,543
	TARDE	2,927
ÓVALO DE MIRAFLORES	MAÑANA	2,789
	TARDE	3,089

#### **5.1.4 INTERSECCIÓN: AV. TOMAS MARSANO – AV. CAMINOS DEL INCA**

Según el Informe Técnico “Evaluación de Tránsito y Seguridad Vial en la Intersección: Av. Tomas Marsano – Av. Caminos Del Inca en el distrito de Santiago de Surco” 2007 del Consejo de Transporte de Lima y Callao.<sup>[31]</sup>

##### **a) VELOCIDADES**

En promedio en toda la intersección la velocidad promedio esta por debajo de los 25km/h, con demoras que superan los 57s por vehículo. La congestión es más evidente en la Av. Tomás Marsano en el sentido EO, donde una de sus vías auxiliares muestra colas de 207m en promedio, con demoras de hasta 74s por vehículo.

##### **b) FLUJO VEHICULAR**

Por la av. Tomás Marsano circula en el sentido EO y en su hora punta (calculada entre las 7:30 y 8:30 a.m.) un volumen aproximado de 2,800 veh/h, y en su sentido opuesto, en el mismo período punta, un volumen de 1,600 veh/h comparativamente por la av. Caminos del Inca, en su sentido más cargado (SN) y en el mismo período punta circula un aproximado de 1,250 veh/h, es decir menos de un 50% respecto al volumen de Tomás Marsano.

Pese a que la av. Tomás Marsano tiene una interesante cantidad de carriles (5 en total incluyendo el de transporte público) para responder a la demanda que exigen los 2,800 veh/h, esta no es suficiente, dado que se observan extensas colas que incluso llegan a ocupar el mismo puente que lo conecta con San Juan de Miraflores. Cabe mencionar que la sección vial no es el único elemento que determina el nivel de servicio de la aproximación (en este caso del sentido EO de la av. Tomás Marsano), si no la existencia de elementos adicionales tales como de una giba reductora de velocidad (ubicada en la unión de la vía auxiliar uno y dos), falta de semáforos, tiempos de ciclo y fases adecuadas, entre otros.

Los flujos que confluyen en la intersección llegan a un total de 5,762 veh/h, siendo la av. Tomás Marsano en su sentido EO la que más volumen soporta con un volumen de 2,796 veh/h (cerca del 50% del volumen total de la intersección).

##### **c) SEGURIDAD VIAL**

La intersección tiene graves problemas de congestión y seguridad vial que se reflejan en 97 accidentes en el año 2005, es decir más de 2 accidentes cada semana que han afectado a un total de 90 personas (víctimas). El 68% de los accidentes están catalogados como atropellos lo que demuestra la vulnerabilidad que tiene el peatón en esta intersección.

Por la intersección se estima que transitan más de 2,500 peatones/hora (hora punta), los cuales a pesar de su importante volumen no cuentan con semáforos peatonales ni tiempos apropiados para un cruce seguro.

## **5.2 ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS SIT – GESTIÓN DE TRANSPORTE**

Para el análisis de las alternativas tecnológicas SIT se evaluará las distintas tecnologías aplicadas a la gestión de transportes considerando problema - objetivo, descripción de la medida, efecto sobre los accidentes, efectos sobre la movilidad, efectos sobre el ambiente, análisis costo-beneficio.

### **5.2.1 EQUIPOS SIT - GESTIÓN DE TRANSPORTE**

#### **5.2.1.1. CONTROL DE TRÁFICO EN LAS INTERSECCIONES**

##### **a) Problema y Objetivo**

Señal de control de tráfico en las intersecciones separa diferentes corrientes de tráfico de unos a otros y puede mejorar el flujo de tráfico en las intersecciones. El estado noruego da los siguientes cinco fines:

- 1) Mejorar la seguridad del tráfico
- 2) Reducir las demoras
- 3) Hacer las carreteras de la escuela más seguras
- 4) Priorizar el transporte público
- 5) Eliminando la necesidad de un manual de control de tráfico

El énfasis puesto en cada uno de los objetivos variarán en función de las condiciones en cada uno de intersección.

##### **b) Descripción de la Medida**

- Instalación de señales secundarias (de las señales en la cabeza al otro lado de la intersección)
- La instalación de señales para los peatones
- Prolongar todo el tiempo rojo
- La introducción de fases a la izquierda
- La introducción de un conflicto sin control (fases separadas para todos los flujos de tráfico)
- Fases de cambio (cambiar el orden y duración de las fases)
- Mejora de señalización vial y la canalización de la intersección
- Introducción de vehículos accionados con señales (en lugar de tiempo controlado)
- La coordinación de señales ( "ola verde")
- Introducir luces verde intermitente para advertir de la fase de cambios
- Luces intermitentes de color amarillo en las señales de tráfico cuando el tráfico es bajo
- La autorización para hacer girar a la derecha en rojo, señal de tráfico en las intersecciones controladas.

**c) Efecto sobre los accidentes**

Reduce el número de accidentes de alrededor del 15% en intersecciones en T y alrededor de 30% en cruce de intersecciones. Sólo en accidentes el efecto es el mismo por daños a la propiedad como lo es para las lesiones. Estudios más detallados muestran que las señales de control de tráfico tienen diferentes efectos sobre los diferentes tipos de accidentes.

**d) Efecto sobre la movilidad**

En las intersecciones con tráfico pesado (más de 600 automóviles durante la hora pico), las señales para el control del tráfico, como regla general, reducirá el tiempo de espera para todos los movimientos del tráfico en su conjunto (Blakstad 1988).<sup>[43]</sup> Flujos de tráfico que de otra forma serían necesarios para el rendimiento para ganar tiempo, mientras que aquellos con prioridad pueden ser retrasados. Los peatones suelen ganar tiempo cuando no hay señal de control de tráfico.

La coordinación de las señales de tráfico puede reducir los tiempos de espera y aumentar considerablemente la velocidad media en las calles de las ciudades con problemas de flujo de tráfico. Un estudio alemán (Schlabach, Scharffetter, Lauer y Guttenberger 1984)<sup>[44]</sup> encontraron aumentos de alrededor de 40 - 45 km por hora, independiente del nivel anterior de velocidad. Estudios noruegos (Senneset y 1982 Skjetne)<sup>[44]</sup> muestran efectos menores sobre la movilidad de coordinar señales de tráfico.

**e) Efectos sobre el medio ambiente**

No se han encontrado estudios que muestren cómo la señal de control de tráfico en las intersecciones afecta a la emisión de gases de escape y los niveles de ruido en el tráfico. Un estudio alemán (Schlabach. Sharffeller, Lauer y Guttenberger 1984)<sup>[44]</sup> encontró que la coordinación de las señales de tráfico puede dar lugar a un menor consumo de combustible y menor emisión de gases de escape.

**f) Costos**

Una recopilación de cifras de los costes de varias fuentes (Elvik 1996)<sup>[46]</sup> muestra que el coste medio de la señal de control de tráfico en una intersección en una carretera nacional se puede estimar en NOK 1,1 millones ( $\pm$  NOK 0,15 millones) a precios de 1995. Los costos de mantenimiento anual pueden estimarse en NOK 50,000 por intersección. Cifras correspondientes a las carreteras del condado se encuentran alrededor de NOK 430,000 ( $\pm$ NOK 42,000) para la construcción de un

tráfico controlado por señal de intersección y NOK 30,000 por año para su operación y mantenimiento. No se han encontrado cifras de los costes de modernización de las señales de tráfico.

**g) Análisis costo-beneficio**

La relación costo / beneficio de una señal de control de tráfico para intersecciones depende de la forma en que la medida afecta a los accidentes y la movilidad.

Asumimos una señal de control de tráfico para un cruce de 3 intersecciones con un promedio anual de tráfico diario de 12,000 vehículos, con un tráfico menor al 25% en carretera y un 10% en accidentes por millón de vehículos controlados por señales de tráfico. Se espera que el número de accidentes se reduzca en un 15%. Por ello los vehículos que ingresen a este cruce demorarán en promedio un segundo. El aumento de las emisiones de gases de escape representa un gasto ambiental en NOK 0.03 por vehículo. Asumiendo que el costo de una señal de control de tráfico por intersección es alrededor de NOK 0,9 millones en los costos de construcción.

Una señal de control de tráfico para un cruce de 4 intersecciones con un tráfico diario de 20,000 vehículos, con un tráfico menor al 40% por carretera y un 20% en accidentes por millón de vehículos que ingresan. Se espera que el número de accidentes por lesiones reduzca el 30% y el número de daños a la propiedad en un 35%. Los vehículos que ingresen podrán ahorrar, por regla general, tres segundos. El aumento de emisiones de gases de escape representa un costo ambiental de NOK 0,07 por vehículo. El costo de una señal de control de tráfico por intersección se supone NOK 144 millones en su costo de construcción.

### **5.2.1.2 GUIA DINAMICA EN RUTA**

#### **a) Problemas y objetivos**

En las grandes ciudades, la congestión del tráfico en horas punta es un problema. Las colas causan retrasos y la irritación de algunos conductores haciendo que estos utilicen atajos a través de zonas residenciales. Los conductores no siempre saben que ruta es la más ventajosa, no tienen en cuenta la duración del trayecto, los gastos de funcionamiento del vehículo, los efectos ambientales y el índice de accidentes.

La guía de ruta dinámica es un sistema, que suministra información acerca de opciones de ruta para los conductores cuando están en el camino. El sistema se basa en el registro de la cantidad y el flujo de tráfico (por ejemplo, con la ayuda de bucles electrónicos en la calzada o cámaras de vídeo en los puntos seleccionados) a una serie de puntos en la red de carreteras de la ciudad. Sobre la base de esta información, el tiempo de viaje entre determinados lugares específicos a lo largo de las carreteras y se calcula la información almacenándose en un ordenador. Los tiempos de viaje se actualizan continuamente en línea con los cambios en el volumen de tráfico y el flujo de tráfico. La unidad puede obtener información sobre los tiempos de viaje específicos a lo largo de las rutas por medio de un receptor de célula y luego elegir la ruta que da la distancia más corta del viaje. El sistema también puede ser destinado a asesorar al conductor sobre la elección de ruta.

El objetivo principal de una guía dinámica en ruta es utilizar la capacidad del sistema vial mediante la elección de la mejor la ruta. En principio, este sistema también podría proporcionar información sobre los accidentes de tráfico, dirigir el tráfico fuera de la ubicación de un accidente y dar información sobre la tasa de accidentes en diferentes calles, a fin de que los conductores pueden seleccionar las calles más seguras.

#### **b) Descripción de la medida**

Como se ha indicado anteriormente, una guía dinámica en ruta es un ordenador basado en sistema de distribución de tráfico en las carreteras en una zona de una ciudad, sobre la base de información real sobre el volumen de tráfico y el flujo de tráfico en las carreteras de la zona en cuestión. El sistema supone que cada vehículo está equipado con un receptor de célula (microcomputadoras) y que el conductor utiliza la información proporcionada por la unidad. Entonces será posible para

asesorar al conductor acerca de las rutas más rápidas a su destino. Esta Información se actualiza en línea con los cambios en el volumen y el flujo de tráfico (Belcher y Catling 1987).<sup>[38]</sup>

Por el momento, pocas experiencias prácticas del sistema están disponibles. Sin embargo se han hecho cálculos de modelos de cómo este sistema podría funcionar en determinadas ciudades.

### **c) El efecto sobre accidentes**

Sólo dos estudios han sido encontrados que han intentado predecir el efecto de dirección de ruta dinámica sobre el número de accidentes. Uno es un estudio de simulación para Londres (Stoneman 1992).<sup>[39]</sup>

En Londres fueron calculados los efectos del 10 %, 20 %, 30 % y el 100 % de vehículos que usan la selección de ruta dinámica dentro de la autopista. El cálculo encontró que la ruta dinámica de hecho no afectaría el número de accidentes. Asumiendo el uso del 100% la disminución en gastos de accidente se estimaba era el 1.5 %. Asumiendo 10% el 20 % y el empleo del 30 % de dirección dinámica del camino, los cambios de gastos de accidente eran aún más pequeños.

El otro estudio (Maher, Hughes, Smith y Ghali, 1993)<sup>[40]</sup>. Calcula los efectos sobre los tiempos de viaje y los accidentes de una óptima selección de ruta de un punto de vista social para la simulación de la red de carreteras en una ciudad. Las simulaciones muestran que la distribución del tráfico dando el tiempo de viaje más corto, se asoció con la mayoría de los accidentes, y viceversa. La explicación de esto es que el total de tiempo de viaje se minimiza cuando el tráfico se distribuye uniformemente en toda la red de carreteras, de manera que ninguna parte de la red de carreteras es más congestionada que otras. Sin embargo "este tipo de distribución del tráfico crea muchas situaciones de conflicto en las intersecciones y, por tanto, contribuye a un aumento en el número de accidentes.

### **d) Efecto sobre la movilidad**

Un modelo de cálculo japonés (Kawashima 1991)<sup>[41]</sup> muestra que los vehículos que utilicen guía dinámica en ruta pueden ahorrar hasta un 11% del tiempo de viaje. Un modelo de cálculo para Londres (Stoneman 1992)<sup>[39]</sup> encontró una reducción de 6,7% en el tiempo de viaje para los vehículos con guía dinámica en ruta.



**e) Efectos sobre el medio ambiente**

No se ha encontrado ningún estudio que muestre los efectos sobre el medio ambiente o que hayan tratado de estimar estos por medio de modelos de cálculo.

**f) Costos**

No hay costos disponibles de implementar la guía dinámica en ruta.

**g) Análisis costo-beneficio**

No hay base para llevar a cabo un análisis de costo-beneficio de Guía dinámica en ruta dinámica en la actualidad. Sin embargo, es posible indicar un valor crítico para el costo de la medida, dado que se supone que sólo se presenta si los beneficios superan los costos.

Para el caso de Oslo, Noruega, el uso de guía dinámica en ruta tomando como base los resultados del modelo de cálculo de Londres a un 100%, el 1,5% de accidentes (lesiones y daños a la propiedad) por año representará un ahorro anual de alrededor de NOK 33 millones, por lesiones alrededor de NOK 11 millones y por daños a la propiedad en total alrededor de NOK 44 millones. Reduciendo el tiempo de viaje en un 6% en Oslo con un ahorro anual de alrededor de NOK 250 millones. Con un costo por tiempo de viaje de NOK 100 por hora, en Oslo cada año se reduce 300 millones de kilómetros por vehículo en horas punta, con una velocidad media de 25 kilómetros por hora y 1,200 millones de kilómetros por vehículos fuera de las horas punta, con una velocidad media de 40 km por hora (Larsen 1985)<sup>[42]</sup>. En total, el ahorro anual en forma de mejora de la movilidad y un menor número de accidentes son alrededor de NOK 250 millones. Añadiendo a esto los beneficios medioambientales. Si los costos anuales de la introducción de guía dinámica en ruta en Oslo exceden los NOK 250 millones, el sistema no ofrece beneficios que serán mayores que los costos.

### **5.2.1.3 SEÑALES DE MENSAJE VARIABLE**

#### **a) Problema y objetivo**

Usando señales de tráfico, las autoridades pueden controlar la conducta del tráfico, dando información a los conductores en la vía. Esto ayuda a prevenir peligros y advierte riesgos. Sin embargo, señales de tráfico normales tienen dos limitaciones básicas en su papel de ayudas (alerta y comportamiento) que afectan a los usuarios de la carretera.

Señales de mensaje variable son señales de tráfico, en que el mensaje dado se puede mostrar o alterar cuando sea necesario. Por ejemplo, reducir el límite de velocidad durante el horario escolar para el resto del día. Señal de mensaje variable podría también ser usado para advertir a los usuarios de la vía de colas, accidentes, hielo o condiciones de niebla. Los objetivos de las señales de mensajes variables son:

- Advertir a los usuarios de la carretera de condiciones que ocurren raras veces, y acciones que requieren reacciones rápidas cuando se produzcan (por ejemplo, las advertencias de niebla)
- Reducir el número de signos y la cantidad de información, por señales donde el contenido o mensaje se puede cambiar
- Advertir de los peligros que se producen

#### **b) Descripción de la medida**

Las señales de mensaje variable (SMV) son dispositivos de control de tránsito que muestran mensajes que utilizan letras, símbolos o ambos. Pueden estar colocadas a un lado o sobre la carretera. El mensaje mostrado puede cambiarse a voluntad del operador, bien sea mediante la operación manual de la señal en forma local o remota, o en forma automática por medio de un programa de computadora que responda a las condiciones de tránsito o del clima.

Las SMV pueden informar acerca de congestionamientos recurrentes, congestionamientos no-recurrentes, problemas relacionados al clima imperante en la zona, congestionamientos causados por eventos especiales, rutas, restricciones de velocidad, construcciones o mantenimiento y otras condiciones cambiantes. Al igual que otras señales de tránsito, la información que proporcionan las SMV puede ser informativa, de advertencia o restrictiva. La información que se muestra en los SMV puede venir de diferentes fuentes de monitoreo o de vigilancia de las condiciones de operación de la red de tránsito<sup>[32]</sup>.

Las normas generales para esta clase de señales <sup>[33]</sup>, indicadas por el MUTCD- (Manual on Uniform Traffic Control Devices), FHWA:

- Las señales de mensajes variables no deberán tener otro propósito que el mostrar información restrictiva, de advertencia o de guía relacionada al flujo de tránsito.
- Las señales que usen palabras deberán contener mensajes tan cortos como sea posible y las letras deberán ser de un tamaño que permita su legibilidad a una distancia adecuada. Una razón específica es la de 25 mm por cada 12 m de distancia de legibilidad.
- Las abreviaciones deben de ser mínimas e incluir sólo aquellas que no den lugar a confusión.
- Las señales sobre la carretera deberán usarse cuando se desee cierto control del uso de los carriles o cuando no haya espacio a los lados del camino.
- Las SMV deben ser capaces de mostrar varios mensajes en secuencia. Tales mensajes podrán modificarse en forma manual, por control remoto o usando controles automáticos. Las SMV deberán mostrar sólo información de operación y guía del tránsito y nunca propaganda o publicidad.
- Debido a que la tecnología de las señales de mensajes variables está cambiando todavía, los estándares para esta clase de señales no son todavía prácticos. Las consideraciones que influyen la selección de la mejor señal para una aplicación en particular incluyen su legibilidad, operación y mantenimiento.
- Las señales de mensajes variables deberán usar letras mayúsculas y un tamaño de letra preferentemente de 450 mm y no inferior a 265 mm. Las señales deberán limitarse a no más de tres líneas y no más de 20 caracteres por línea.
- No deberán usarse más de dos pantallas en un mensaje.
- Cada pantalla debe transmitir una sola idea.
- Debe de ser posible que el mensaje completo sea leído al menos dos veces por los conductores moviéndose a la velocidad límite indicada.
- Los mensajes deberán estar centrados en cada línea de la pantalla. Si es posible ver más de dos señales al mismo tiempo, sólo una de ellas deberá contener un mensaje en secuencia en cualquier momento.
- Una señal de mensajes variables de tres líneas deberá limitarse a no más de dos mensajes.
- No deberán usarse técnicas para mostrar un mensaje como decolorado, explosión, disolución o mensajes en movimiento.

**c) Efecto sobre los accidentes**

El efecto sobre los accidentes o el comportamiento de señales de mensaje variable ha sido estudiado por Duff 1971 (Gran Bretaña, señales de advertencia en accidentes<sup>[34]</sup>, etc). Erke y Gottlieb 1980 (Alemania, señales de advertencia de colas en las autopistas<sup>[35]</sup>). Helliar-Ray Symons and Ray-1986 (Gran Bretaña, señales de advertencia para cierre de vías<sup>[36]</sup>), entre otros.

**Tabla 5-2: Efectos sobre el número de accidentes de señales variable**

Gravedad del accidente	Variación porcentual del número de accidentes		
	Tipos de accidente afectado	Mejor estimación	95% intervalo de confianza
señales de advertencia en accidente			
accidentes Lesiones	Los accidentes en las autopistas	-44	(-59;-22)
señales de advertencia en niebla			
Sin especificar la gravedad	los accidentes en la niebla	-84	(-93;-63)
Advertencias de colas en las autopistas			
accidentes lesiones	colisión por extremo posterior	-16	(-26;-4)
Daños a la Propiedad	colisión por extremo posterior	+16	(+1; +34)
Señales de retroalimentación colectiva para velocidad			
Sin especificar la gravedad	Todos los accidentes	-46	(-62, -24)
Señales de retroalimentación colectiva para ceder el paso a peatones			
accidentes lesiones	accidentes de los peatones	-65	(-96; +199)
Señales de retroalimentación individual para velocidad			
accidentes lesiones	Todos los accidentes	-41	(-78;+59)
Señales de retroalimentación individuales para cierres continuos			
sin especificar la gravedad	colisión por extremo posterior	-6	(-56;+104)

Fuente: Runc Elvik, *The Handbook of Road Safety Measures 2004*

Por lo que respecta a señales de retroalimentación colectiva para ceder el paso a peatones, señales de retroalimentación individual para velocidad y señales de retroalimentación individual para cierres continuos, hay una tendencia hacia una disminución del número de accidentes, pero los cambios no son estadísticamente significativos<sup>[37]</sup>. (Ver tabla 5-2)

**d) Efecto sobre la movilidad**

Las señales que conducen a bajar la velocidad media reducen la movilidad. Esto es verdadero para límites de velocidad variables, las señales de regeneración colectiva e individual advierten la velocidad y la niebla. Se ha demostrado que este tipo de señales reduce la velocidad media del tráfico y, por tanto, aumenta el tiempo de los viajes. Otros efectos en materia de movilidad de este tipo de señales no se conocen.

**e) Efecto sobre el ambiente**

No han sido encontrado estudios que indiquen los efectos de señales de mensaje variables sobre el ambiente. Velocidades inferiores pueden conducir a disminuir algunos tipos de agentes contaminadores de vehículos. Los efectos reales no han sido estudiados.

**f) Costo**

No hay cifras de costos para señales de mensaje variable. Tales signos son más caros que signos de tráfico ordinarios

El equipo de detección de tráfico, la unidad de control, cables y la iluminación para las señales, indica un costo de NOK 50,000-150,000 <sup>[37]</sup>.

**g) Análisis de costo-beneficio**

No existe análisis costo – beneficio de los tipos de señales descritas anteriormente.

**5.3 CONCLUSIONES**

En este capítulo se analiza la caracterización de las principales vías en Lima metropolitana y las alternativas tecnológicas SIT en gestión de transporte. En la caracterización de las vías de Lima se consideró a las que presentan problemas relacionados con la congestión (evaluada en niveles de servicio), velocidad, seguridad vial. Determinando que la av. Arequipa es una vía que presenta altos niveles de congestión, bajas velocidades entre otros.

Por el otro lado tenemos las alternativas tecnológicas SIT en gestión de transporte mencionando el control de tráfico en las intersecciones, guía dinámica en ruta y señales de mensaje variable.

Los resultados de la implementación de estas tecnologías para la gestión del transporte lograron aumentos de velocidad alrededor de 40 -45 km <sup>[44]</sup>, menor consumo de combustible, emisión de gases de escape y redujo el número de accidentes en un 30% aplicando control de tráfico en intersecciones. Así como también la implementación de guía dinámica en ruta logra la reducción de un 11% <sup>[41]</sup> en tiempo de viaje.

Cabe mencionar que las SMV pueden informar acerca de congestionamientos recurrentes, no-recurrentes, problemas relacionados al clima, rutas, restricciones de velocidad, construcciones o mantenimiento y otras condiciones cambiantes. Estas señales no deberán tener otro propósito que el mostrar información restrictiva, de advertencia o de guía relacionada al flujo de tránsito y nunca propaganda o publicidad.

## **CAPÍTULO VI**

### **SISTEMA DE TRANSPORTE INTELIGENTE – SIT AREA DE ESTUDIO AV. AREQUIPA**

En este capítulo revisaremos la aplicación de un SIT - Gestión de Transporte para la avenida Arequipa, conoceremos las características de esta avenida, los estudios de campo realizados en dicha avenida, el nivel de servicio obtenido, la semaforización y la propuesta de sincronización y finalmente los planteamientos SIT – Gestión de Transporte.

#### **6. CARACTERISTICAS DE LA AV. AREQUIPA**

##### **6.1. DESCRIPCIÓN**

La Avenida Arequipa es una vía colectora que cuenta con dos sentidos de circulación con una longitud aproximada de 6.8 km, que comienza en la Av. 28 de Julio en el Cercado de Lima hasta la Av. José Pardo en el distrito de Miraflores, tiene una sección transversal de 30 mts.

La Avenida Arequipa constituye una de las principales vías colectoras de la ciudad, pues enlaza el Centro Histórico de Lima con el Centro Moderno (San Isidro y Miraflores). En la actualidad esta avenida se encuentra saturada de 55 líneas de transporte público, esto debido a los 2 carriles que cuenta por sentido, y la cantidad de intersecciones que tiene esta avenida, lo que origina un tiempo de viaje elevado por parte de los vehículos.

**Ilustración 6-1 Plano de Ubicación**



Fuente: Google maps, Elaboración propia

### **6.1.1 USO DE SUELO Y CRECIMIENTO URBANO EN EL EJE DE ESTUDIO**

Para el presente proyecto se realizó un trabajo de campo, donde se recorrió la avenida Arequipa en toda su extensión, observando que poco a poco el estilo conservador de las casonas antiguas ha ido cambiando para convertirse en grandes estructuras modernas y modificando su uso de suelo a lo largo de la vía generando de esta manera muchos centros atractores de viaje a esta zona.

En su primera cuadra se encuentra la embajada de Argentina, en las siguientes cuadras destacan los edificios de arquitectura residencial pero con un uso actual eminentemente comercial. Destaca en la cuadra 5 la residencia del embajador de los Estados Unidos, el cerco oriental del Parque de la Reserva, la embajada de Venezuela, Corte Superior de Justicia Militar, Benemérita Sociedad de Fundadores de la Independencia y Universidad Norbert Wiener.

En la cuadra 10, casi frente a lo que es el antiguo local del Colegio Antonio Raymondi se encuentra el local central de Panamericana Televisión - Canal 5. Además destaca el edificio central de Telefónica del Perú y también la sede central del Colegio de Contadores Públicos del Perú.

Cerca a la cuadra 20 de su recorrido y ya en el distrito de Lince con el carácter comercial de la arteria se ve inundada por institutos de educación superior, academias pre-universitarias, tiendas de servicios ópticos y discotecas, convirtiéndose en uno de los principales polos de atracción de viajes en la noche.

Cruzando el puente Villarán Freyre se inicia el distrito de San Isidro y la avenida muestra su faceta residencial de edificios y departamentos. En este trecho se encuentran la embajada de Francia. La oferta educativa se mantiene con institutos de idiomas y de cocina.

Luego del cruce con la avenida Aramburú (cuadra 36), se inicia el último tramo de la avenida en el distrito de Miraflores, manteniendo el aspecto residencial de edificios de departamentos y oficinas. Destaca el Colegio Americano, Colegio de Ingenieros del Perú y el local principal del Instituto Cultural Peruano Norteamericano en la intersección con la avenida Angamos.

La avenida termina en el Ovalo de Miraflores en la intersección con la avenida Ricardo Palma y dando lugar al Parque Central de Miraflores.

**Fotografía 6-1 Av. Arequipa, cdra. 1**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

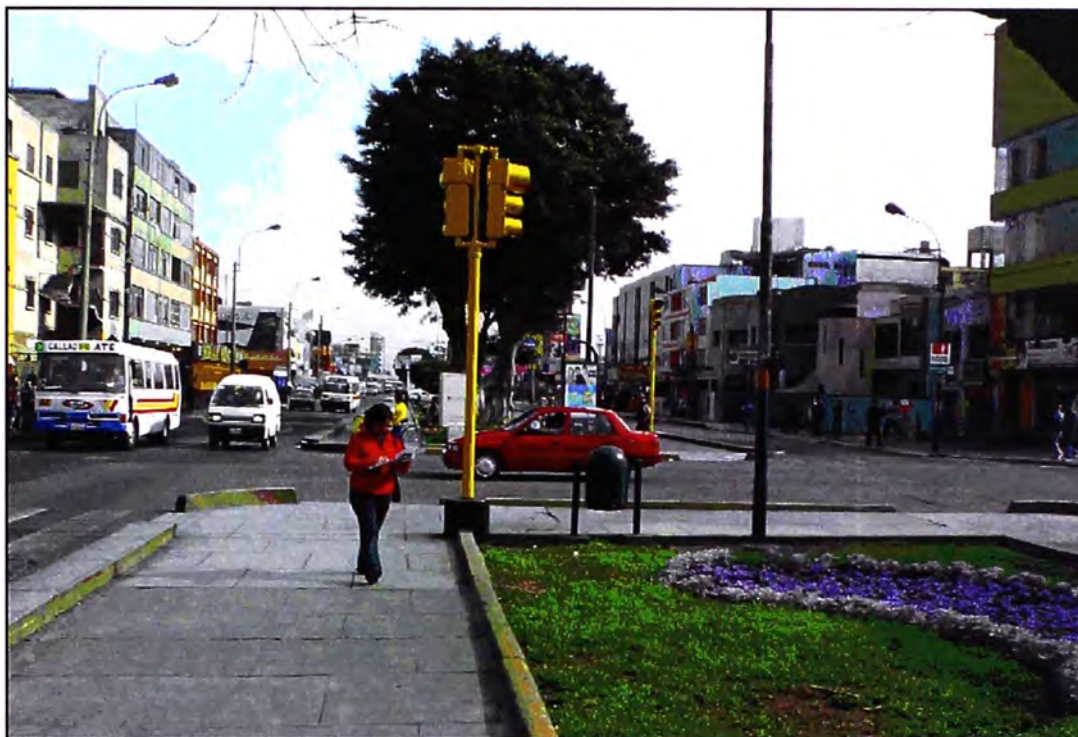
**Fotografía 6-2 Sección Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 1 hasta cdra. 15)**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008



**Fotografía 6-3 Sección Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 15 hasta cdra. 25)**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-4 Av. Arequipa con Av. Javier Prado (paso a desnivel)**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-5 Av. Arequipa, vista de la ciclovia después de la intersección con Av. Javier Prado**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-6 Típica del Separador Central – Av. Arequipa (cdra. 28 hasta cdra. 52)**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-7 Av. Arequipa con Av. Aramburu**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-8 Av. Arequipa con Av. Angamos**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-9 Av. Arequipa, adelante la intersección con el Ovalo de Miraflores**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-10 Av. Arequipa con Ovalo de Miraflores**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

### **6.1.2 TIPOS DE USO DEL SUELO DEL ÁREA DE ESTUDIO**

En el área de estudio los tipos de uso de suelo predominantes son el residencial con un 30%, el comercial con un 27% y el educacional con un 21% tal como se aprecia en la tabla 6-1, que se muestra a continuación:

**Tabla 6-1 Uso de Suelo en el área de estudio**

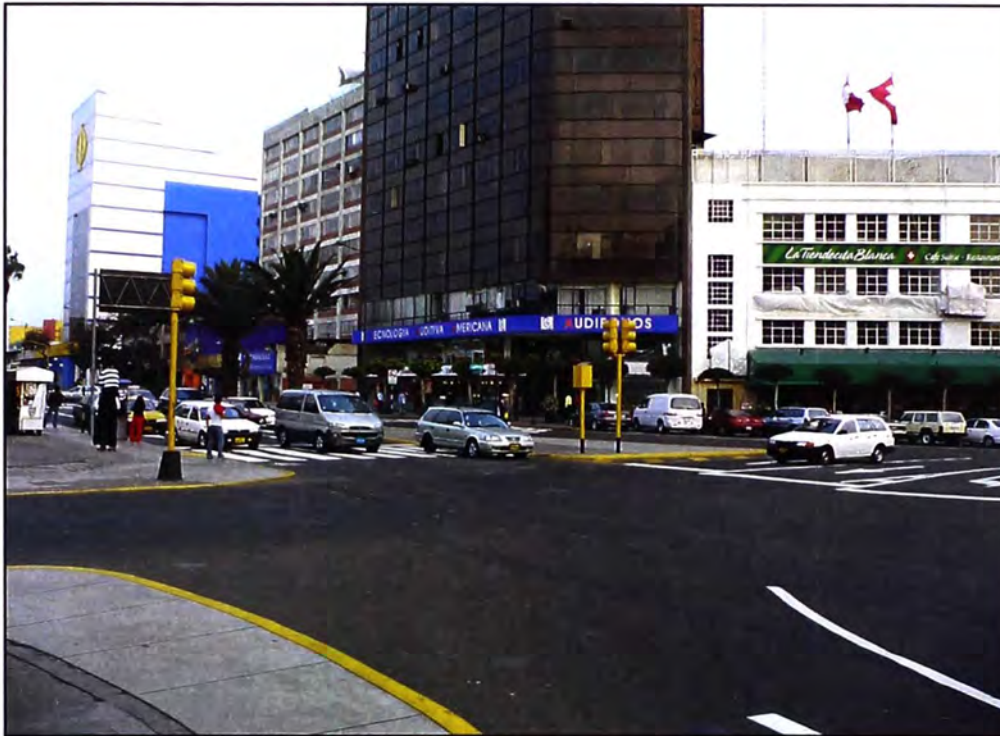
<b>TIPO DE SUELO</b>	<b>%</b>
RESIDENCIAL	30%
COMERCIAL	27%
EDUCACIONAL	21%
DIVERSIÓN	2%
SALUD	9%
OTROS	10%

Fuente: Rocio Espinoza , 2007

Estos datos fueron obtenidos en campo de los usos de suelos en diciembre 2007 y que se encuentran en toda la extensión de la Av. Arequipa (Av. 28 de Julio hasta el óvalo de Miraflores).

De la tabla 6-1 podemos observar que el 21% es uso de suelo educacional porque se concentran grandes locales escolares, institutos superiores y universidades que generan un gran número de viajes a esta área.

**Fotografía 6-11 Uso de Suelo Comercial –av. Arequipa con Óvalo de Miraflores**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

**Fotografía 6-12 Uso de Suelo Educativo – av. Arequipa cdr.a 9**



Fuente: Rocio Espinoza , 2008

### **6.1.3 PUNTOS DE INTERCAMBIO O TRANSFERENCIA**

Estos puntos de intercambio o transferencia fueron obtenidos de acuerdo a la demanda de pasajeros que se concentran en estos puntos para desplazarse a su destino <sup>[47]</sup>.

- Paradero 28 de Julio, para las transferencias desde el Centro de Lima y desde los distritos ubicados en el Cono Norte-Este.
- Paradero Pardo de Zela, de/hacia La Victoria, San Luis, Jesús María.
- Paradero Javier Prado, de/hacia Callao, Ate, La Molina, San Borja.
- Paradero Angamos, de/hacia Surquillo, Surco.
- Paradero Ovalo Miraflores, para las transferencias de/hacia Barranco, Chorrillos, San Juan de Miraflores, Surco.

### **6.1.4 TRANSPORTE PÚBLICO**

El transporte público constituye una parte esencial en el desplazamiento de la población en nuestra ciudad, motivo por el cual es necesario conocer que rutas de transporte público circulan por el área de estudio, puesto que de allí podemos calcular la capacidad y nivel de servicio en nuestra zona de estudio.

Las rutas se mostrarán en el anexo D (Rutas que circulan por el área en estudio), donde se detallan las empresas de transporte público, flota y longitud. Estas rutas fueron facilitadas por la Municipalidad Provincial de Lima, las cuales corresponden al paquete 05 que viene a ser rutas que circulan en la av. Arequipa, av. Tacna, dichas rutas han sido distribuidas de esa manera ya que se piensa reducir la cantidad de rutas que existen en la actualidad.

Según el Estudio de Corredores Complementarios de ALG INOCSA del año 2005, resume que existen unas 480 rutas que cubren el servicio en Lima de los cuales son aproximadamente 27,000 vehículos entre ómnibus, camioneta rural y microbús. Dicho estudio recomienda que las rutas sean racionalizadas a sólo 202 conformadas en rutas masivas, troncales y alimentadoras debiendo dar un total de 9,200 vehículos entre vehículos articulados, omnibuses y microbuses, y que a su vez no superen los 15 años de antigüedad. <sup>[48]</sup>

Según la Ordenanza Municipal de Lima MML-954 del 01/07/2006, donde se fijan los lineamientos y políticas de transporte, se estipula que los vehículos mayores a 35 años de antigüedad deben salir del sistema en un período razonable de tiempo.

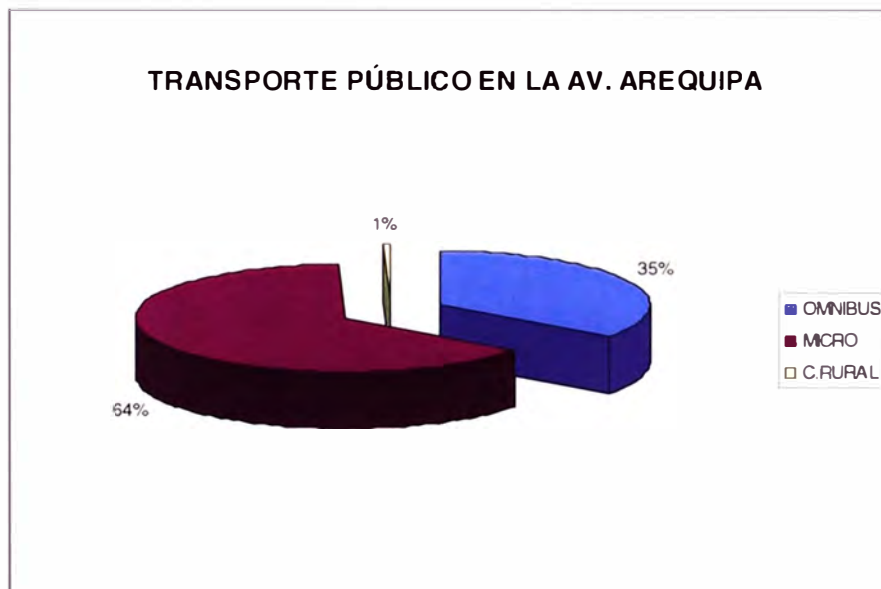
De las 55 rutas de transporte público que equivale a un total de 4,009 vehículos que circulan por el corredor Tacna - Garcilazo - Arequipa, están distribuidos de la siguiente manera:

**Tabla N° 6-2 Transporte público en la Av. Arequipa**

OMNIBUS	MICRO	C.RURAL
1398	2584	27
35%	64%	1%

Fuente: Gerencia de Transporte Urbano, diciembre 2007  
Elaboración propia

**Gráfico N° 6-1 Transporte público en la Av. Arequipa**



Fuente: Gerencia de Transporte Urbano - 2008, Elaboración propia

Si reemplazamos la cantidad de vehículos de menor capacidad a buses equivalentes tendríamos una cantidad de 2,695 vehículos, reduciendo en un 33% la cantidad de vehículos que circulan por el mencionado corredor, teniendo la misma cantidad de rutas pero con menos unidades vehiculares circulando.



**6.1.5 Capacidad de utilización vehicular de las unidades de transporte público**

Se realizó un trabajo de campo en la avenida Arequipa en la intersección con la ca. Saco Oliveros considerando ambos sentidos (NS-SN), para el cálculo del flujo de pasajeros en las unidades de transporte público.

La recolección de la información se realizó entre los días martes y jueves, en períodos de 17 a 20 horas cerrando la información cada quince minutos.

En la tabla 6-3 observaremos los valores de capacidad de utilización vehicular (full, sentado 100%, vacío, etc.) que se realizó para unidades tipo microbús y buses

**Tabla 6-3 Capacidades de vehículos de transporte público**

TIPO DE	FULL	Sentado 100%	Sentado	Sentado	Casi	Vacío
VEHICULO		De pie 50%	100%	50%	Vacío	
OMNIBUS	77	50	33	17	8	0
MICROBUS	37	30	23	12	6	0
CAM.RURAL	15	15	15	8	3	0

Fuente: AATE Modelo de Transporte 2003/Gerencia de Desarrollo/APTU- Ing. Rómulo Chinchay

Los datos obtenidos en campo (*Anexo E: Capacidad de utilización de las unidades de transporte público*) son multiplicados por estos valores para tener la capacidad de utilización y posteriormente se corrigen por un factor de expansión que esta dado por la división entre el flujo vehicular y el total capacidad tomado en campo (c/15min). La suma de ambos sentidos se presenta en la tabla 6-4

**Tabla 6-4 Flujo de Pasajeros en la av. Arequipa**

<b>FLUJO PASAJEROS</b>							
<b>VIA</b>	:	<b>Av. Arequipa</b>					
<b>PUITO</b>	:	<b>Av. Arequipa / Ca. Saco Oliveros</b>					
<b>SENTIDO</b>	:	<b>Ambos</b>					
<b>Fecha</b>	:						

<b>HORA</b>	<b>OMIIBUS</b>	<b>MICROBUS</b>	<b>COMBI</b>	<b>AUTO</b>	<b>COLECTIVOS</b>	<b>TOTAL</b>	<b>ACUMULADO</b>
5:00 - 5:15	0	1547	0	0	0	1547	
5:15 - 5:30	333	5110	0	0	0	5443	
5:30 - 5:45	199	3828	0	0	0	4027	
5:45 - 6:00	161	4704	0	0	0	4865	15882
6:00 - 6:15	216	4430	0	0	0	4646	18981
6:15 - 6:30	183	6137	0	0	0		
6:30 - 6:45	167	3861	0	0	0		19859
6:45 - 7:00	300	5942	0	0	0		
7:00 - 7:15	249	4719	0	0	0	4968	21
7:15 - 7:30	117	4522	0	0	0	4639	19877
7:30 - 7:45	159	5024	0	0	0	5183	21032
7:45 - 8:00	242	5103	0	0	0	5345	20135
<b>Hora Pico</b>	<b>899</b>	<b>20,659</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>21,558</b>	
<b>TPu+TPr (%)</b>	<b>4%</b>	<b>96%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	
<b>TPu (%)</b>	<b>4%</b>	<b>96%</b>	<b>0%</b>		<b>0%</b>	<b>100%</b>	

<b>PAX TPu :</b>	<b>21,558</b>
<b>PAX TPr :</b>	<b>0</b>

**PAX TPu** : Flujo de pasajeros en transporte público  
**PAX TPr** : Flujo de pasajeros en transporte privado

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

De la tabla 6-4 podemos observar que la cantidad de pasajeros que se desplazan en transporte público en la av. Arequipa son de 21,558 pax. en la hora punta, correspondiendo un 96% a unidades tipo microbús y un 4% a unidades tipo ómnibus.

**Tabla 6.5 Flujo de Vehicular en la av. Arequipa**

FLUJO VEHICULAR																
VIA	:	Av. Arequipa														
PUNTO	:	Av. Arequipa / Ca. Saco Oliveros														
SENTIDO	:	Ambos														
Fecha	:															
3																
HORA	OMNIBUS	MICROBUS	COMBI	AUTO	OLECTIVO	CAMION	TOTAL	ACUMULADO								
5:00 - 5:15	4	76		76	1	0	157									
5:15 - 5:30	8	192		151	136	0	487									
5:30 - 5:45	6	137		103	63	0	309									
5:45 - 6:00	4	166		141	90	0	401	1354								
6:00 - 6:15	6	142		102	88	0	338	1535								
6:15 - 6:30	5	190		152	89	0	436	1484								
6:30 - 6:45	7	125		127	58	0	317	1492								
6:45 - 7:00	7	192		151	92	0	442	1533								
7:00 - 7:15	6	168		133	98	0	405	1600								
7:15 - 7:30	4	159		119	99	0	381	1545								
7:30 - 7:45	6	167		97	53	0	323	1551								
7:45 - 8:00	6	169		103	56	0	334	1443								
<b>Hora Pico</b>	<b>25</b>	<b>675</b>	<b>0</b>	<b>563</b>	<b>337</b>	<b>0</b>	<b>1600</b>									
<b>U.C.P.</b>	<b>75</b>	<b>1688</b>	<b>0</b>	<b>563</b>	<b>337</b>	<b>0</b>	<b>2663</b>									
<b>TPu+TPr (%)</b>	<b>2%</b>	<b>42%</b>	<b>0%</b>	<b>35%</b>	<b>21%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>									
<b>TPu (%)</b>	<b>2%</b>	<b>96%</b>	<b>0%</b>				<b>100%</b>									
TPu : Transporte público TPr : Transporte privado				<table border="1"> <tr> <td><b>FV TPu :</b></td> <td><b>700</b></td> </tr> <tr> <td><b>UCP TPu :</b></td> <td><b>1,763</b></td> </tr> <tr> <td><b>UCP TPr :</b></td> <td><b>900</b></td> </tr> <tr> <td><b>UCP Cam :</b></td> <td><b>0</b></td> </tr> </table>					<b>FV TPu :</b>	<b>700</b>	<b>UCP TPu :</b>	<b>1,763</b>	<b>UCP TPr :</b>	<b>900</b>	<b>UCP Cam :</b>	<b>0</b>
<b>FV TPu :</b>	<b>700</b>															
<b>UCP TPu :</b>	<b>1,763</b>															
<b>UCP TPr :</b>	<b>900</b>															
<b>UCP Cam :</b>	<b>0</b>															

De la tabla 6-5 observamos el flujo vehicular de la ca. Saco Oliveros considerando ambos sentidos NS-SN en la avenida Arequipa.

Si relacionamos las tablas 6-16 y 6-17 tenemos lo siguiente:

- 20,659 pax. se desplazan en 675 unidades tipo microbús que representa 1688 UCP
- 899 pax. se desplazan en 25 unidades tipo ómnibus que representa 75 UCP

Si comparamos los valores en UCP, observamos una notoria diferencia que genera una mayor ocupación vehicular en la avenida Arequipa en las horas punta. Si reemplazamos los microbuses por ómnibus tendríamos una disminución del 39% de utilización vehicular considerando un ómnibus con una capacidad mínima de 50 pasajeros. (ver cálculo en el anexo E: Capacidad de utilización de las unidades de transporte público))

### 6.1.6 INFRACCIONES DE TRÁNSITO

En la Tabla 6-6 presentamos las infracciones de tránsito ocurridas en la avenida Arequipa en el año 2007 y parte del 2008 (abril)

**Tabla 6-6 Infracciones a la Normativa en Tránsito y Transporte**

<b>INFRACCIONES A LOS REGLAMENTOS</b>	<b>2007</b>	<b>2008*</b>
Reglamento Nacional de Tránsito	846	234
Reglamento de Transporte Urbano	476	266
Reglamento del Servicio de Taxi Metropolitano	25	48
<b>TOTAL</b>	<b>1347</b>	<b>548</b>

\* Información hasta abril 2008

Fuente: Servicio de Administración Tributaria - SAT

En la Tabla 6-7 presentamos las infracciones al Reglamento Nacional de Tránsito, donde podemos observar que las infracciones a la conducción y a la seguridad son las más representativas en los datos.

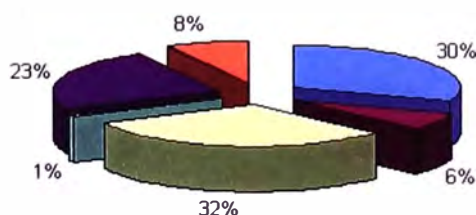
**Tabla 6-7 Infracciones al Reglamento Nacional de Tránsito**

<b>INFRACCIONES AL RNT</b>	<b>2007</b>	<b>2008*</b>
Infracciones a la Seguridad (clase C)	259	94
Infracciones a la Conducción (clase A)	258	64
Infracciones al Estacionamiento y Detención (clase E)	198	40
Infracciones a la Documentación (clase F)	68	14
Infracciones a los Dispositivos de Control (clase B)	54	16
Infracciones a la Velocidad (clase D)	9	6
<b>TOTAL</b>	<b>846</b>	<b>234</b>

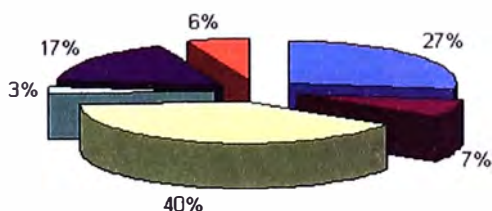
\* Información hasta abril 2008

Fuente: Servicio de Administración Tributaria - SAT

#### INFRACCIONES 2007



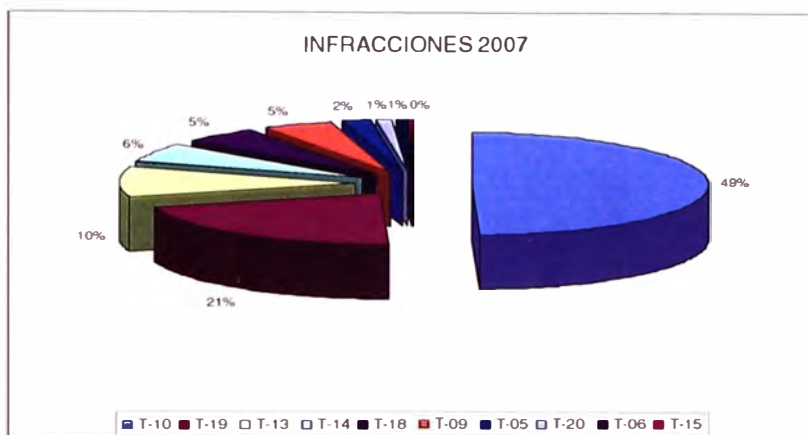
#### INFRACCIONES 2008\*



- CLASE A: Infracciones a la Conducción
- CLASE B: Infracciones a los Dispositivos de Control
- CLASE C: Infracciones a la Seguridad
- CLASE D: Infracciones a la Velocidad
- CLASE E: Infracciones al Estacionamiento y Detención
- CLASE F: Infracciones a la Documentación

**Tabla 6-8 Infracciones al Reglamento de Transporte Urbano 2007**

	2007
T-10	235
T-19	99
T-13	46
T-14	28
T-18	26
T-09	22
T-05	10
T-20	5
T-06	4
T-15	1
<b>TOTAL</b>	<b>476</b>

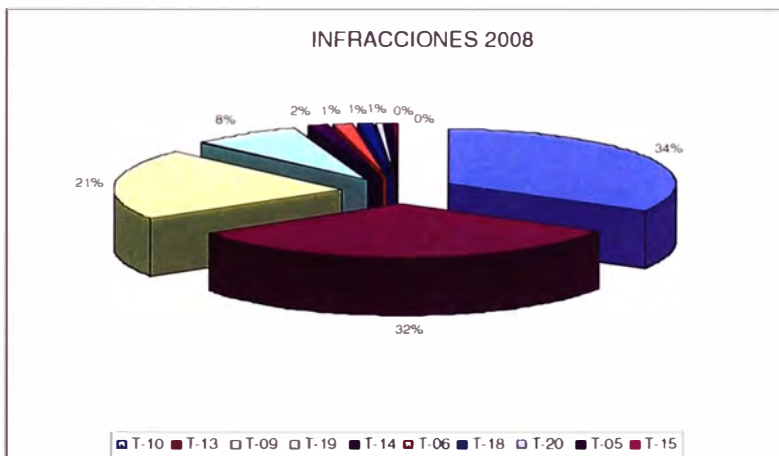


Fuente: Servicio de Administración Tributaria - SAT

En la Tabla 6-8 presentamos las infracciones al Reglamento de Transporte Urbano y donde se puede apreciar que el 49% de las infracciones son por utilizar la vía pública como zona de estacionamiento o paradero no autorizado de las unidades vehiculares (T-10).

**Tabla 6-9 Infracciones al Reglamento de Transporte Urbano 2008\***

	2008
T-10	89
T-13	86
T-09	56
T-19	21
T-14	4
T-06	3
T-18	3
T-20	2
T-05	1
T-15	1
<b>TOTAL</b>	<b>266</b>



Fuente: Servicio de Administración Tributaria - SAT

En la Tabla 6-9 se puede apreciar que en lo que va del año 2008\* (abril) se mantiene la infracción T-10 como una de las mayores infracciones y adicionalmente se ha incrementado la infracción T-9 que refiere a la identificación del vehículo y T-13 relacionada a la expedición de boletos. En la Tabla 6-10 se aprecia la respectiva codificación de las infracciones al Reglamento de Transporte Urbano.

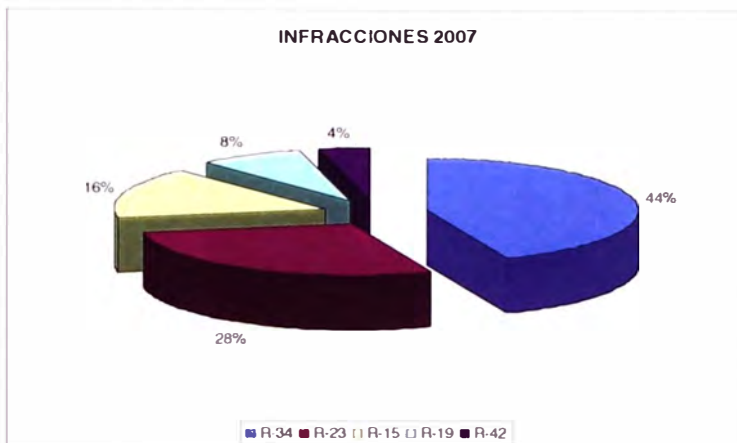
**Tabla 6-10 Codificación del Reglamento de Transporte Urbano**

<b>Código</b>	<b>Infracción</b>
T-5	No cumplir con la totalidad del recorrido autorizado (no llegar al paradero inicial y/o final) o modificar la ruta autorizada, salvo indicación expresa del efectivo de la Policía Nacional, asignado al control del tránsito o la Autoridad Administrativa
T-06	Prestar el servicio con vehículos que no cuenten con los precios de los pasajes (tarifarios) ubicados en la parte externa e interna del vehículo.
T-09	Prestar el servicio con vehículos que no cuenten con el letrero luminoso exterior en el cual se indica el origen y destino de la ruta o utilizar letreros luminosos en la parte interna del vehículo y/o utilizar letreros removibles y/o autoadhesivos indicando el recorrido.
T-10	Utilizar la vía pública como zona de estacionamiento o paraderos no autorizados de las unidades vehiculares.
T-13	Prestar el servicio sin expedir boleto o expidiendo boleto que no corresponda al tipo de Pasaje del o usuario y/o cuyos datos no coincidan con los de la empresa.
T-14	Prestar el servicio a través de vehículo (s) que no cuente (n) con los instrumentos de seguridad y/o equipos correspondientes o que no se encuentren en óptimo estado de presentación y funcionamiento
T-15	No permitir la ejecución de las acciones de control y/o no acatar las disposiciones de la autoridad municipal o policial durante éstas.
T-18	Prestar el servicio de transporte público de pasajeros no teniendo Concesión o teniendo la concesión vencida o cancelada.
T-19	Prestar el servicio con vehículo (s) no autorizado (s) para la prestación del servicio o no portar la tarjeta de circulación original vigente durante la prestación del servicio.
T-20	Prestar el servicio con vehículo que no cuente con los colores y/o logotipo característico de la concesionaria y/o el código de la ruta otorgada en concesión o Autorización

Fuente: Ordenanza N° 351-MML, 11/01/2002

**Tabla 6-11 Infracciones al Reglamento de Taxi Metropolitano 2007**

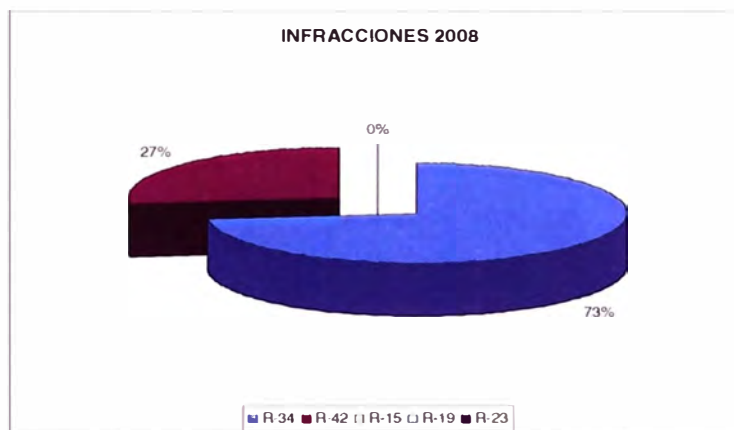
	2007
R-34	11
R-23	7
R-15	4
R-19	2
R-42	1
TOTAL	25



En la Tabla 6-11 se puede apreciar que el 44% de las infracciones registradas en el año 2007 son referidas a la infracción R-34 que se refiere a prestar el servicio de taxi con un vehículo no autorizado, con el color y características que induzcan a error a los pasajeros.

**Tabla 6-12 Infracciones al Reglamento de Taxi Metropolitano 2008\***

	2008
R-34	35
R-42	13
R-15	0
R-19	0
R-23	0
TOTAL	48



En la Tabla 6-12 se puede apreciar que en lo que va del año 2008\* (abril) se mantiene la infracción R-34 mencionada en el cuadro anterior y adicionalmente se ha incrementado la infracción R-42 referida a prestar servicio de taxi en una modalidad no contemplada como los taxis colectivos que circulan por la avenida Arequipa.

En la Tabla 6-13 se aprecia la respectiva codificación de las infracciones al Reglamento de Taxi Metropolitano.

**Tabla 6-13 Codificación del Reglamento de Taxi Metropolitano**

R-15	Prestar el servicio de taxi sin contar con el certificado de operación correspondiente o que éste se encuentre suspendido, vencido o cancelado.(Propietario del vehículo de taxi)
R-19	Prestar el servicio de taxi en vehículos que no cumplan con las condiciones a que se refieren los incisos 1), 3) y 4) del Art. 33°, Incs 1), 2) y 3) del Art. 37°, Incs 1), 2), 3) y 4) del Art. 39°, y el Inc 4) del Art. 40°
R-23	Prestar el servicio de taxi sin contar con el Certificado de Operación o que éste se encuentre vencido o cancelado (conductor del taxi)
R-34	Prestar el servicio de taxi con un vehículo no autorizado, con el color y características que induzcan a error a los pasajeros.
R-42	Prestar Servicio de Taxi en una modalidad no contemplada en la presente ordenanza (fiscalización del taxi colectivo)

Fuente: Fuente: Ordenanza N° 351- MML 11/01/2002, Ordenanza 755 – MML, 17/03/2005

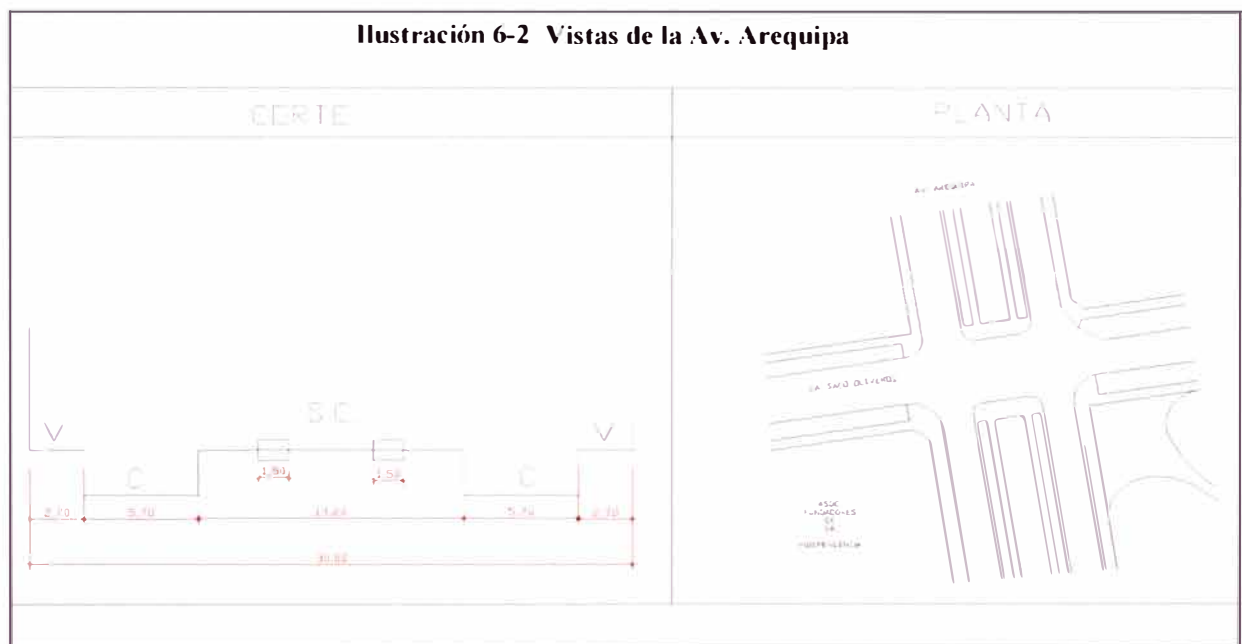
De las tablas 6-11 y 6-12 mostradas anteriormente se observa una mínima cantidad de infracciones debido en gran medida a que no existe una óptima fiscalización en el área de estudio (avenida Arequipa) así como también en otros puntos de la ciudad.



## 6.2. SITUACIÓN ACTUAL

La calzada de circulación vehicular, acusa la necesidad de un mejoramiento general, presentándose muchos de sus tramos con desgaste pronunciados que afectan la fluidez de operación vehicular. Las veredas laterales tienen mejor estado de conservación aunque por lo general, con diseños geométricos no adecuados en las esquinas que adolecen principalmente de martillos con radios adecuados.

El separador central, también necesita un mejoramiento total en sus aceras mixtas peatones/ciclistas, así como en el canal de regadío.<sup>[49]</sup>



Fuente: Paid Consultores, Proyecto de Ingeniería de Gestión de Tránsito de las Av. Arenales, Av. Arequipa y Petit Thouars-2005

De la Ilustración 6-2 observamos la sección transversal de la av. Arequipa que se conforma de una sección de 30 metros de ancho compuesta por los siguientes elementos:

- Dos calzadas o pistas principales, con un ancho de 5.70 m.
- Dos veredas laterales de aproximadamente 2.70 m. de ancho que varían a lo largo de la avenida, teniendo un ancho efectivo inadecuado para la cantidad de peatones que utilizan esta zona.
- Un separador central de aproximadamente 13.20 m. de ancho en gran parte de la avenida.

El separador central está conformado por lo siguiente:

- Dos ciclovías unidireccionales de 1.50 m. cada uno, ubicados a cada lado del separador central en el Cercado de Lima y Lince; y una ciclovía central de 4.00 m. de ancho en el distrito de San Isidro y Miraflores.

De acuerdo con la obra de Remodelación y Rehabilitación de pistas y aceras de la av. Arequipa que se viene realizando actualmente incluye el mejoramiento de la ciclovía y el tratamiento paisajista del Separador Central de la Av. Arequipa y jardines laterales.

Así como la rehabilitación de pavimentos que comprende pistas y aceras manteniendo las características de sus secciones transversales ampliando la calzada de cada pista de 5.70 a 6.30 metros, sin afectar las aceras laterales. La ampliación de las vías paralelas es hacia el separador central, reemplazando las cunetas localizadas a ambos lados del separador. Las obras incluyen la semaforización de las 34 intersecciones de la vía, y este proyecto recomienda en el informe de tránsito que es necesario un programa de semaforización inteligente a fin de que permita la fluidez de los vehículos

### **6.3. PLANTEAMIENTO DE SISTEMAS DE TRANSPORTE INTELIGENTE (SIT) EN GESTIÓN DE TRANSPORTE**

A continuación se presenta el esquema de las cuatro funciones esenciales para la implementación de un sistema de gestión de transporte para la av. Arequipa (Gráfico 3-1).

#### **6.3.1 Estimación del estado del sistema**

Para poder estimar el estado de la vía se tomó muestras de las condiciones del tráfico mediante conteos manuales, se obtuvo información de la velocidad de circulación, de los accidentes de tránsito y datos sobre los niveles de contaminación.

##### **6.3.1.1 Congestión (movilidad)**

###### **6.3.1.1.1 Flujos Vehiculares (Conteos)**

Los conteos vehiculares nos muestran los resultados de la cantidad de vehículos que pasan por hora/ carril / sentido en una intersección.

Se realizaron 2 días de conteos vehiculares y un día tanto de conteo peatonal como de ciclistas, en los horarios de la mañana y tarde para poder determinar la hora pico, además se hizo la clasificación vehicular correspondiente. Los conteos se realizaron en las siguientes intersecciones: (*ver anexo F - Fichas Técnicas de los Flujos Vehiculares*)

- \* Av. Arequipa cdra.4 con ca. Saco Oliveros
- \* Av. Arequipa cdra.9 con av. Alejandro Tirado
- \* Av. Arequipa cdra.10 con ca. Mariano Carranza
- \* Av. Arequipa cdra.14 con ca. Manuel Segura
- \* Av. Arequipa cdra.18 con av. Pardo de Zela
- \* Av. Arequipa cdra.19 con ca. Bernardo Alcedo
- \* Av. Arequipa cdra.28 con ca. Bañón

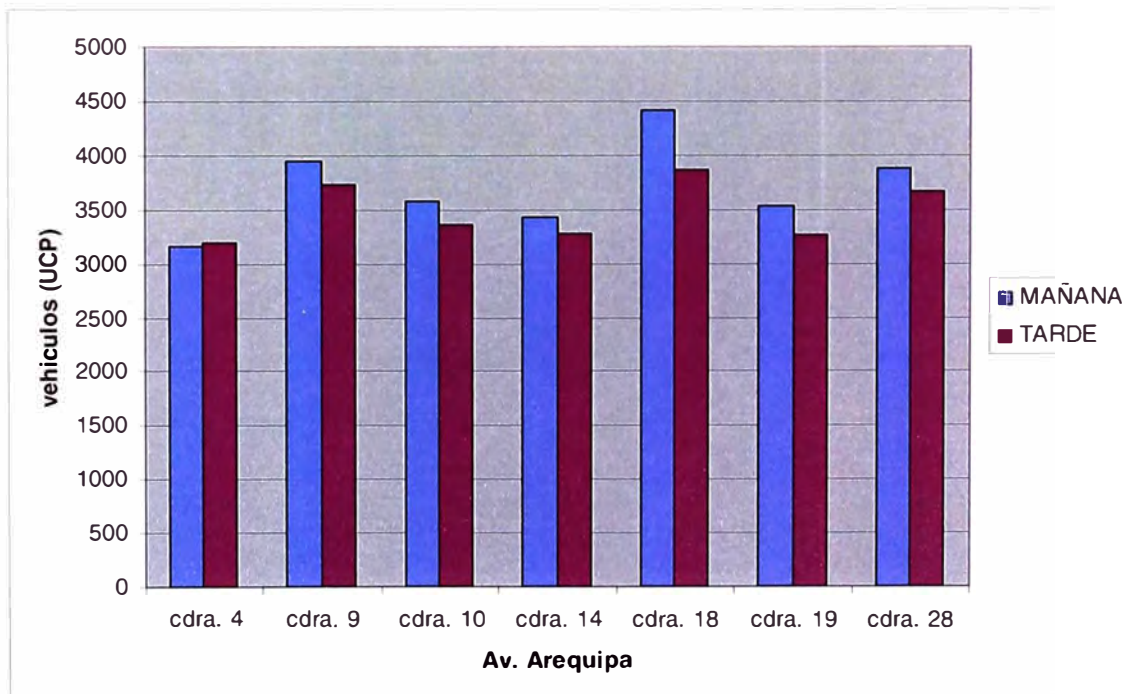
**Tabla 6-14 Flujos Vehiculares por intersección**

INTERSECCIÓN	FLUJO VEHICULAR (UCP)	
	MAÑANA	TARDE
Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros	3,153	3,196
Av. Arequipa cdra.9 con Av. Alejandro Tirado	3,939	3,728
Av. Arequipa cdra.10 con Ca. Mariano Carranza	3,577	3,358
Av. Arequipa cdra.14 con Ca. Manuel Segura	3,433	3,283
Av. Arequipa cdra.18 con Av. Pardo de Zela	4,419	3,865
Av. Arequipa cdra.19 con Ca. Bernardo Alcedo	3,532	3,265
Av. Arequipa cdra.28 con Ca. Bañon	3,878	3,658

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

De la Tabla 6-14 podemos observar la gran demanda de viajes que se producen en la avenida Arequipa, llegando hasta los 4419 UCP/hora en la hora de máxima demanda en la mañana, producidos en la intersección de la av. Arequipa con av. Pardo de Zela.

**Gráfico 6-2 Flujos Vehiculares por intersección**



Fuente: Rocio Espinoza, 2007

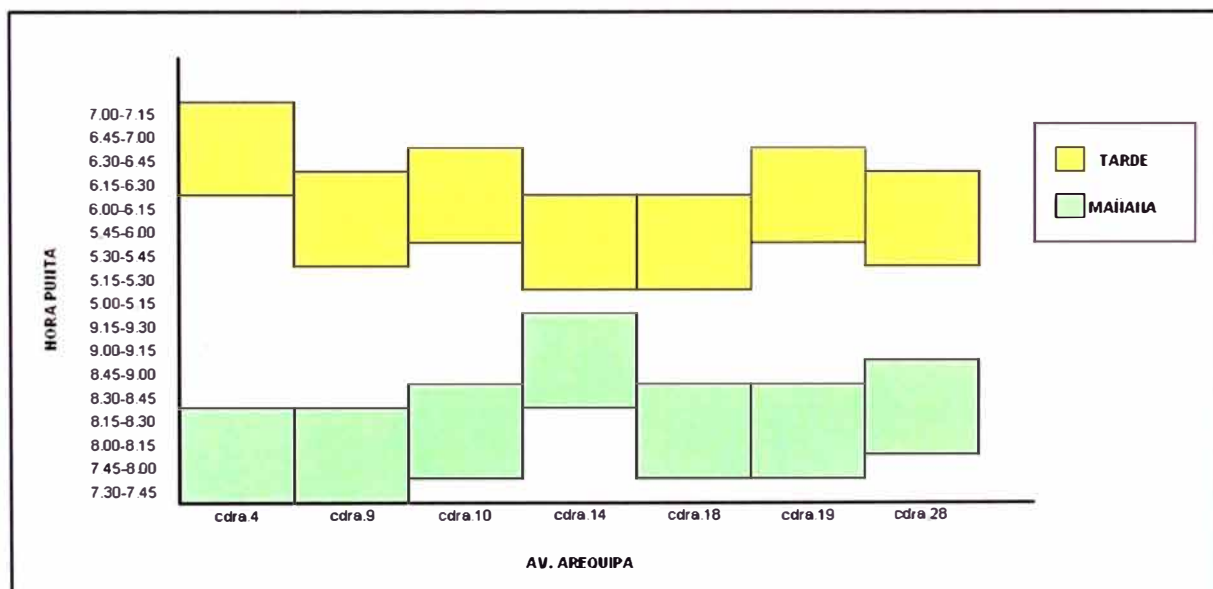
**Tabla 6-15 Horas de Máxima Demanda Vehicular**

INTERSECCIÓN	HORA PUNTA	
	MAÑANA	TARDE
Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros	7.30 - 8.30 a.m.	6.15 - 7.15 p.m.
Av. Arequipa cdra.9 con Av. Alejandro Tirado	7.30 - 8.30 a.m.	5.30 - 6.30 p.m.
Av. Arequipa cdra.10 con Ca. Mariano Carranza	7.45 - 8.45 a.m.	5.45 - 6.45 p.m.
Av. Arequipa cdra.14 con Ca. Manuel Segura	8.30 - 9.30 a.m.	5.15 - 6.15 p.m.
Av. Arequipa cdra.18 con Av. Pardo de Zela	7.45 - 8.45 a.m.	5.15 - 6.15 p.m.
Av. Arequipa cdra.19 con Ca. Bernardo Alcedo	7.45 - 8.45 a.m.	5.45 - 6.45 p.m.
Av. Arequipa cdra.28 con Ca. Bañon	8.00 - 9.00 a.m.	5.30 - 6.30 p.m.

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

De la Tabla 6-15 se aprecia las horas de máxima demanda vehicular, tanto en la mañana como en la tarde.

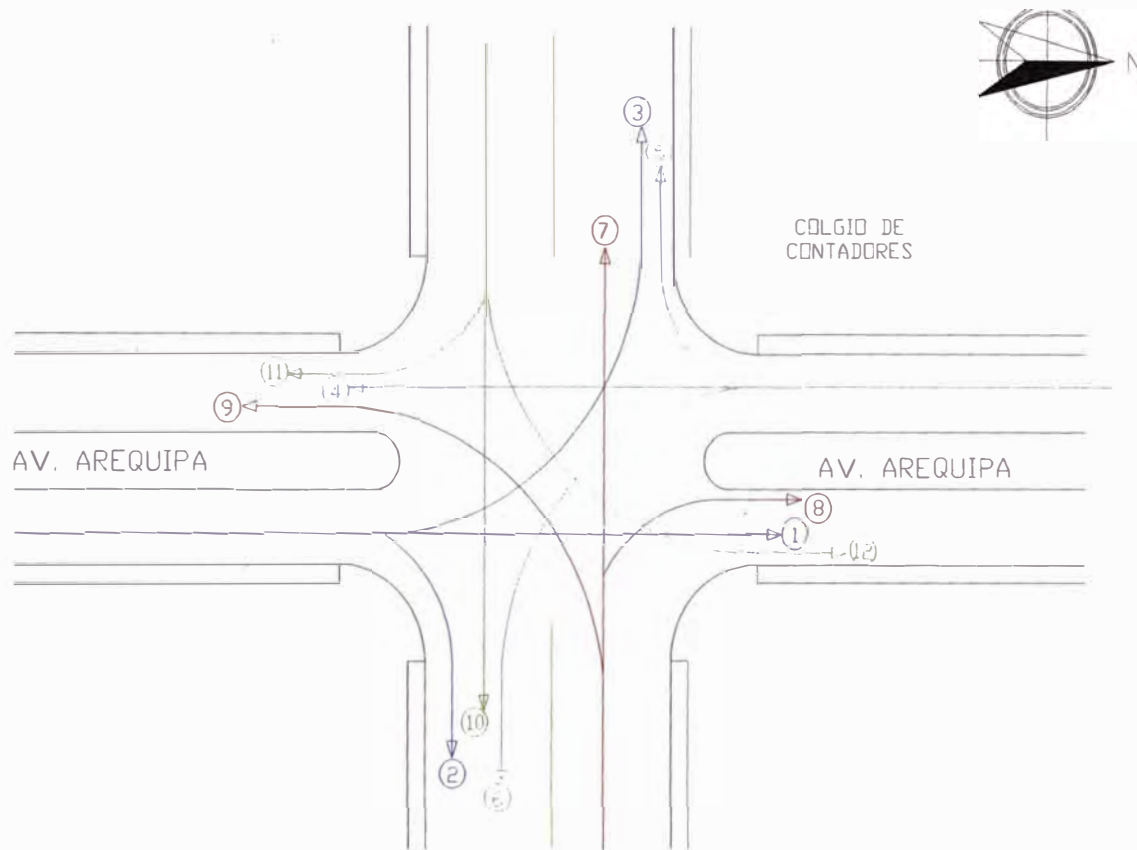
**Ilustración 6-3 Horas de Máxima Demanda**



Fuente: Rocio Espinoza, 2007

**FLUJO VEHICULAR – FICHA TÉCNICA N°03**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdra.9 – Av. Alejandro Tirado.  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre 2007  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.30 – 8.30 am.

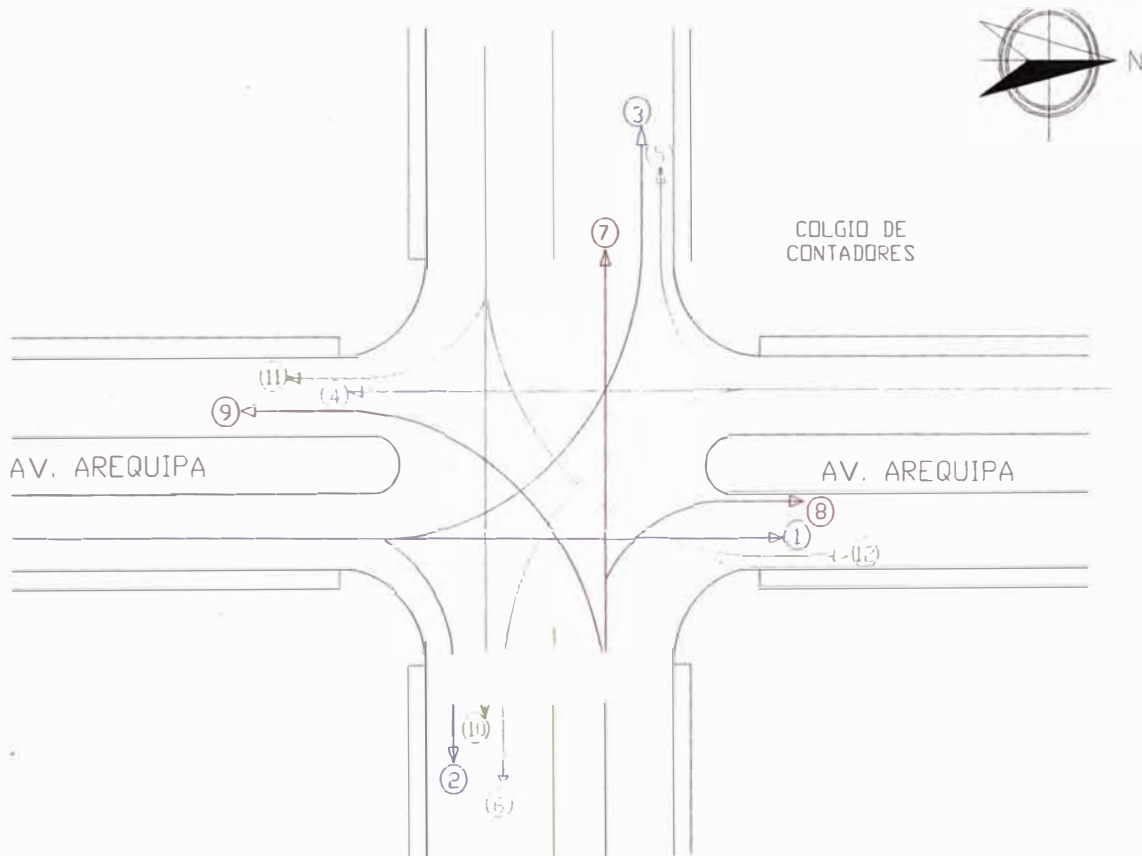


Valores UCP	CAMIÓN 3	MICROBUS 2.5	C.R. 1.25	AUTO 1	
-------------	-------------	-----------------	--------------	-----------	--

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	71	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	390	16	57	183	13	32	334	10	3	361	31	5
COMBI	2	0	0	0	0	0	28	0	0	19	0	0
MICROBUS	307	0	36	332	0	0	34	0	0	83	45	0
OMNIBUS	9	0	0	11	0	0	38	0	0	20	0	0
TOTAL	779	16	93	571	13	32	434	10	3	483	76	5
UCP	1258	16	147	1091	13	32	568	10	3	652.25	143.5	5
TOTAL X VÍA	1421			1136			581			800.75		
TOTAL INTER.	3938.75											

**FLUJO VEHICULAR – FICHA TÉCNICA N°04**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.9 – Av. Alejandro Tirado.  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre 2007  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



<b>Valores UCP</b>	CAMIÓN 3	MICROBUS 2.5	C.R. 1.25	AUTO 1
--------------------	-------------	-----------------	--------------	-----------

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	21	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	387	15	53	278	29	50	331	48	20	378	45	23
COMBI	2	0	0	0	0	0	7	0	0	8	0	0
MICROBUS	319	0	29	258	0	0	22	0	0	55	28	0
OMNIBUS	8	0	0	9	0	0	43	0	0	15	0	0
TOTAL	737	15	82	571	29	50	403	48	20	456	73	23
UCP	1232	15	125.5	976	29	50	523.75	48	20	570.5	115	23
TOTAL X VÍA	1372.5			1055			591.75			708.5		
TOTAL INTER.	3727.75											

\* Nota: Los Flujos Vehiculares de las demás intersecciones (Tabla 6-14) serán apreciados en el anexo F: Flujos vehiculares

**Tabla 6-16 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (S-N)**

HORA	S-N			
	OMNIBUS	MICROBUS	AUTO	COLECTIVOS
7:00 - 7:15	1	62	40	7
7:15 - 7:30	2	75	45	8
7:30 - 7:45	1	66	65	14
7:45 - 8:00	2	88	124	11
8:00 - 8:15	4	82	106	20
8:15 - 8:30	2	71	95	26
8:30 - 8:45	0	90	108	25
8:45 - 9:00	3	73	105	14
9:00 - 9:15	2	62	106	17
9:15 - 9:30	2	82	117	20
9:30 - 9:45	4	87	101	11
9:45 - 10:00	1	81	136	17

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

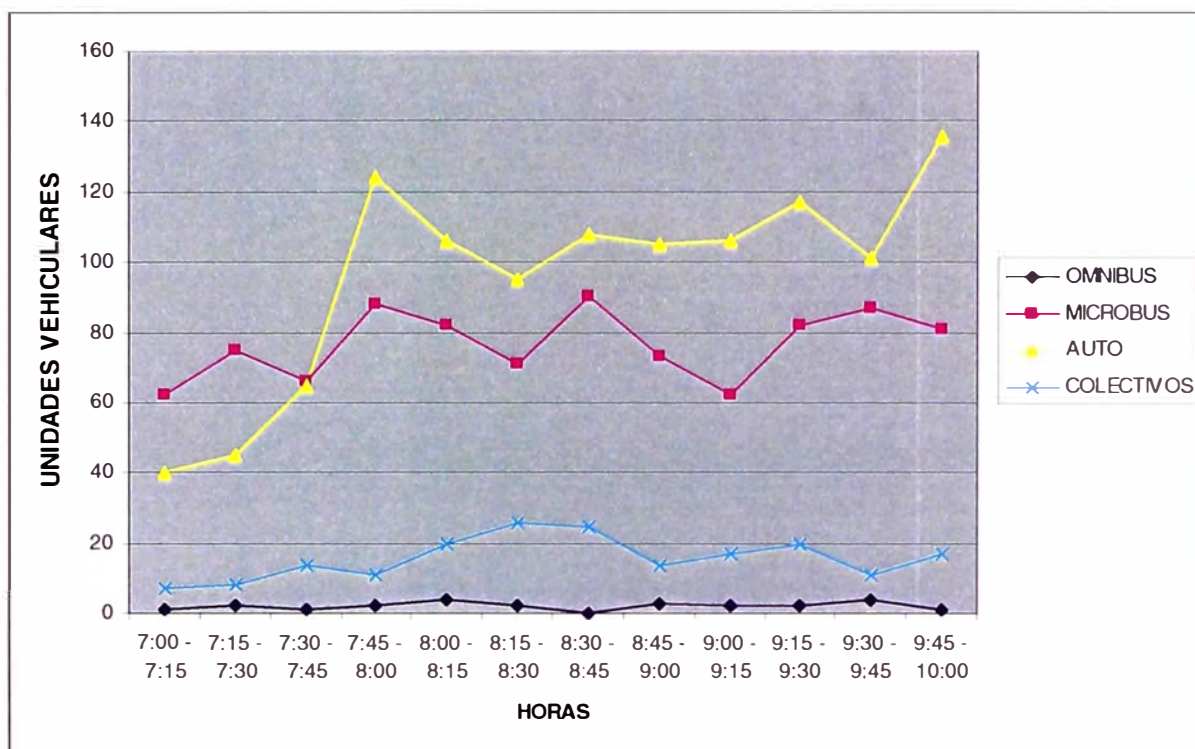
**Tabla 6-17 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (N-S)**

HORA	N-S			
	OMNIBUS	MICROBUS	AUTO	COLECTIVOS
7:00 - 7:15	2	27	11	3
7:15 - 7:30	4	72	36	3
7:30 - 7:45	1	85	53	11
7:45 - 8:00	5	99	51	18
8:00 - 8:15	3	61	36	8
8:15 - 8:30	2	87	43	8
8:30 - 8:45	3	90	49	7
8:45 - 9:00	3	91	51	8
9:00 - 9:15	2	80	53	6
9:15 - 9:30	4	84	69	10
9:30 - 9:45	2	80	76	8
9:45 - 10:00	3	49	43	8

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

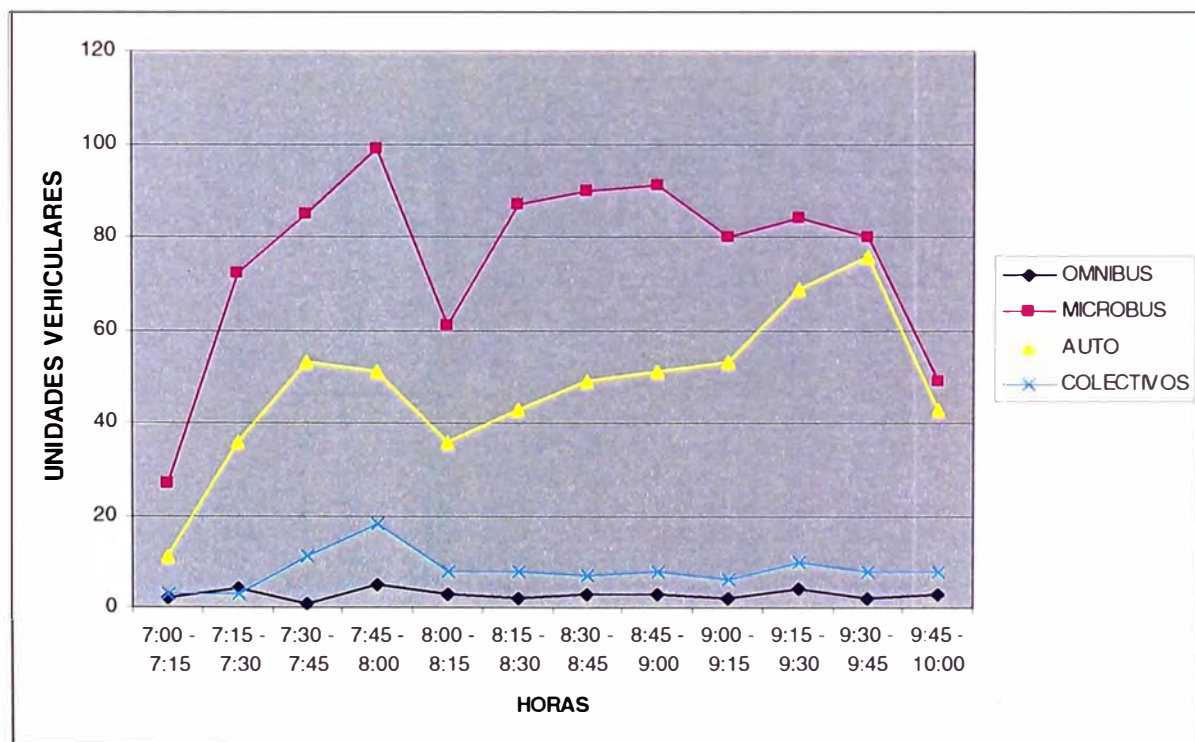


**Gráfico 6.3 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (S-N)**



Fuente: Rocio Espinoza, 2007

**Gráfico 6.4 Flujo Vehicular en av. Arequipa – av. Alejandro Tirado (N-S)**



Fuente: Rocio Espinoza, 2007

6.3.1.1.1 Nivel De Servicio.

El cálculo del nivel de servicio se realizó con el software Synchro 6.0 el cual está basado en la metodología del Manual de Capacidad de Carreteras 2000.













Tabla 6-18 Nivel de servicio por intersección













INTERSECCIÓN	NIVEL DE SERVICIO
Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros	B
Av. Arequipa cdra.9 con Av. Alejandro Tirado	E
Av. Arequipa cdra.10 con Ca. Mariano Carranza	F
Av. Arequipa cdra.14 con Ca. Manuel Segura	D
Av. Arequipa cdra.18 con Av. Pardo de Zela	F
Av. Arequipa cdra.19 con Ca. Bernardo Alcedo	E
Av. Arequipa cdra.28 con Ca. Bañon	F

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

LANE WINDOW												
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Lanes and Sharing (#RL)												
Ideal Satd. Flow (vphpl)	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Lane Width (m)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
Grade (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Area Type	—	Other	—	—	Other	—	—	Other	—	—	Other	—
Storage Length (m)	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0		0.0	0.0	—	0.0
Storage Lanes (#)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total Lost Time (s)	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Leading Detector (m)	15.0	15.0	—	15.0	15.0	—	15.0	15.0	—	15.0	15.0	—
Trailing Detector (m)	0.0	0.0		0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Turning Speed (km/h)	25	—	15	25	—	15	25	—	15	25	—	15
Right Turn Channelized	—	—	None	—	—	None	—	—	None	—		None
Curb Radius (m)	—	—	—		—	—	—	—	—	—	—	—
Add Lanes (#)	—	—	—	—	—	—		—		—	—	
Lane Utilization Factor	—	0.95	—	—	0.95	—	—	0.95	—	—	0.95	—
Right Turn Factor	—	0.973		—	0.997	—	—	0.998	—	—	0.998	—
Left Turn Factor (prot)	—	1.000	—	—	1.000	—	—	0.995	—	—	0.999	—
Saturated Flow Rate (prot)	—	3252		—	3431	—		3236	—	—	3243	—
Left Turn Factor (perm)	—	0.952	—	—	0.888	—	—	0.611	—	—	0.866	—
Right Ped Bike Factor	—	0.966		—	0.995	—		0.999	—	—	0.996	—
Left Ped Factor	—	1.000	—	—	1.000	—	—	0.996	—	—	1.000	—
Saturated Flow Rate (perm)	—	3094	—	—	3047	—	—	1980	—	—	2811	—
Right Turn on Red	—	—	Yes	—	—	Yes	—	—	Yes	—	—	Yes
Saturated Flow Rate (RTOR)	—	32	—	—	2	—	—	3	—	—	3	—
Headway Factor	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11

SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA

VOLUME WINDOW	  			  			  			  		
	EBL	EBT	EBR	WBL	WBT	WBR	NBL	NBT	NBR	SBL	SBT	SBR
Traffic Volume (vph)	5	652	144	3	568	10	147	1258	16	32	1091	13
Conflicting Peds. (#/hr)	90	—	124	112	—	230	264	—	83	151	—	225
Conflicting Bikes (#/hr)	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0
Peak Hour Factor	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Growth Factor	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Heavy Vehicles (%)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bus Blockages (#/hr)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adj. Parking Lane?	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
Parking Maneuvers (#/hr)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Traffic from mid-block (%)	—	0	—	—	0	—	—	0	—	—	0	—
Link OD Volumes							NB			SB		
Adjusted Flow (vph)	5	709	157	3	617	11	160	1367	17	35	1186	14
Lane Group Flow (vph)	0	871	0	0	631	0	0	1544	0	0	1235	0

Lanes and Sharing (#RL)	  			  			  			  		
Traffic Volume (vph)	5	652	144	3	568	10	147	1258	16	32	1091	13
Turn Type	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—	Perm	—	—
Protected Phases	4			8			2			6		
Permitted Phases	4			8			2			6		
Detector Phases	4	4	—	8	8	—	2	2	—	6	6	—
Minimum Initial (s)	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—	4.0	4.0	—
Minimum Split (s)	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—	20.0	20.0	—
Total Split (s)	23.0	23.0	—	23.0	23.0	—	55.0	55.0	—	55.0	55.0	—
Yellow Time (s)	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—	3.0	3.0	—
All-Red Time (s)	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—	0.0	0.0	—
Lead/Lag	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Allow Lead/Lag Optimize?	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Recall Mode	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—	Max	Max	—
Actuated Effct. Green (s)	—	19.0	—	—	19.0	—	—	51.0	—	—	51.0	—
Actuated g/C Ratio	—	0.24	—	—	0.24	—	—	0.65	—	—	0.65	—
Volume to Capacity Ratio	—	1.12	—	—	0.85	—	—	1.19	—	—	0.67	—
Control Delay (s)	—	99.5	—	—	40.7	—	—	111.9	—	—	10.6	—
Queue Delay (s)	—	15.8	—	—	1.0	—	—	12.5	—	—	0.3	—
Total Delay (s)	—	115.3	—	—	41.8	—	—	124.4	—	—	10.9	—
Level of Service	—	F	—	—	D	—	—	F	—	—	B	—
Approach Delay (s)	—	115.3	—	—	41.8	—	—	124.4	—	—	10.9	—
Approach LOS	—	F	—	—	D	—	—	F	—	—	B	—
Queue Length 50th (m)	—	~81.7	—	—	49.1	—	—	~156.3	—	—	54.1	—
Queue Length 95th (m)	—	#119.1	—	—	#78.0	—	—	#199.1	—	—	75.0	—
Stops (vph)	—	653	—	—	512	—	—	1104	—	—	650	—
Fuel Used (l/hr)	—	77	—	—	29	—	—	150	—	—	119	—

**Controller Type:**

**Cycle Length:**

**Actuated C.L.:** 78.0

**Natural C.L.:** 70.0

**Max v/c Ratio:** 1.19

**Int. Delay:** 77.6

**Int. LOS:** E

**ICU:** 108.6%

**6.3.1.1.1.2 Tiempo de ciclo de los semáforos.**

En la tabla 6-19 se observa los tiempos de ciclo de los semáforos que fueron tomados en campo para poder realizar los cálculos del nivel de servicio.

**Tabla 6-19 Tiempo de ciclo av. Arequipa**

INTERSECCIÓN	Tiempo de Ciclo	t. verde	t. rojo	t. ambar
Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros	112"	80"	28"	4"
Av. Arequipa cdra.9 con Av. Alejandro Tirado	81"	55"	23"	3"
Av. Arequipa cdra.10 con Ca. Mariano Carranza	88"	56"	29"	3"
Av. Arequipa cdra.14 con Ca. Manuel Segura	85"	54"	28"	3"
Av. Arequipa cdra.18 con Av. Pardo de Zela	134"	71"	59"	4"
Av. Arequipa cdra.19 con Ca. Bernardo Alcedo	134"	71"	59"	4"
Av. Arequipa cdra.28 con Ca. Bañon	110"	81"	26"	3"

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

**6.3.1.1.1.3 Demora en intersecciones**

En la tabla 6-20 se observa las demoras en intersecciones en la av. Arequipa, aquí podemos mencionar que los semáforos no se encuentran sincronizados generado gran conflicto sobre todo en las intersecciones que tienen semáforos continuos como es el caso de la cdras. 9 - 10, 18-19, 28 - 29 generan largas colas en hora punta.

**Tabla 6-20 Demoras en intersección**

INTERSECCIÓN	Demoras (Seg.)
Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros	15.5"
Av. Arequipa cdra.9 con Av. Alejandro Tirado	77.6"
Av. Arequipa cdra.10 con Ca. Mariano Carranza	96.4"
Av. Arequipa cdra.14 con Ca. Manuel Segura	40.3"

Fuente: Rocio Espinoza, 2007

**Fotografía 6-13 Semaforización en av. Arequipa con av. Angamos**



Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**Fotografía 6-14 Semaforización en av. Arequipa con ca. Saco Oliveros**



Fuente: Rocio Espinoza, 2008

### 6.3.1.1.2 Flujos peatonales

Los conteos peatonales nos muestran la cantidad de peatones que circulan por la intersección, estos datos fueron tomados el día jueves 10/01/08 en la hora de máxima demanda de flujo vehicular. En la mañana de 7.00 a 10.00 am. y en la tarde de 5.00 a 8.00 pm.

Los conteos peatonales se realizaron en las siguientes intersecciones:

- \* Av. Arequipa cdra.4 con ca. Saco Oliveros
- \* Av. Arequipa cdra. 9 con av. Alejandro Tirado
- \* Av. Arequipa cdra. 14 con ca. Manuel Segura

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6-21 Flujos Peatonales en la av. Arequipa**

INTERSECCIÓN	FLUJO PEATONAL		NIVEL DE SERVICIO	
	MAÑANA	TARDE	N.S. MEDIO	N.S PELOTON
av. Arequipa cdra.4 con ca. Saco Oliveros	1,702 pt/h	2,199 pt/h	B	D
av. Arequipa cdra. 9 con av. Alejandro Tirado	1,379 pt/h	1,282 pt/h	B	C
av. Arequipa cdra. 14 con ca. Manuel Segura	1,623 pt/h	2,421 pt/h	C	D

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

De la Tabla 6-21, podemos observar que el mayor flujo peatonal se produce en la tarde en la intersección de la av. Arequipa con la ca. Manuel Segura con una intensidad de 2,421 pt./hora de 5.30 a 6.30 pm. (40 peatones/min). Esto debido a que en esta intersección se encuentra el Instituto Superior Carrión y la academia Trilce que atraen a gran cantidad de alumnos.

**Tabla 6-22 Factores de ajuste de la anchura de las vías peatonales**

<b>OBSTACULO</b>	<b>ANCHURA APROX. NO UTIL</b>	
<b>MOVILIARIO URBANO</b>		
Alumbrado Público	0,8	1,1
Cabinas de Teléfono (0,8 x 0,8m)	1,2	
Papeleras		
<b>PAISAJE</b>		
Arboles		
Jardineras		
<b>USOS COMERCIALES</b>		
Kioskos	1,22	4,0

Fuente: Highway Capacity Manual, 2000

**Tabla 6-23 Niveles de servicio peatonal en vías peatonales (15 min.)**

<b>INTENSIDAD (pt/min/m<sup>2</sup>)</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>/pt.)</b>	<b>NIVEL DE SERVICIO</b>
≤16	> 5.6	A
> 16- 23	> 3.7 – 5.6	B
> 23 - 33	> 2.2 – 3.7	C
> 33 - 49	> 1.4 – 2.2	D
> 49 -75	> 0.75 – 1.4	E
Variable	≤ 0.75	F

Fuente: Highway Capacity Manual, 2000

**6.3.1.1.2.1 Nivel de Servicio**

De la tabla 6-24 observamos que se considera como ancho efectivo para la circulación peatonal sólo 1,6 m esto debido a que a lo largo de la av. Arequipa existen interferencias en el pase peatonal como casetas de teléfono, postes de alumbrado público que reducen el ancho de la vía peatonal. También se muestra que el NS Medio es **C** y el NS de los pelotones es **D**, según el Manual de Capacidad para Carreteras (tabla 6-23), tenemos:

**Nivel de Servicio C:** existe la superficie suficiente para seleccionar una velocidad normal de marcha y permitir el adelantamiento, principalmente en corrientes de un único sentido de circulación. En el caso de que también haya movimiento en el sentido contrario o incluso entrecruzado, se producirían ligeros conflictos esporádicos y las velocidades y el volumen serán un poco menores.

**Nivel de Servicio D:** se restringe la libertad individual de elegir la velocidad de marcha y el adelantamiento. En el caso de que haya movimientos de entrecruzado o en sentido contrario existe una alta probabilidad de que se presenten conflictos, siendo precisos frecuentes cambios de velocidad y de posición para eludirlos. Este NS proporciona un flujo razonablemente fluido; no obstante, es probable que se produzca entre los peatones unas fricciones e interacciones notables.

**Tabla 6-24 FORMULARIO PARA EL ANALISIS DE VIAS PEATONALES (15 min.)**

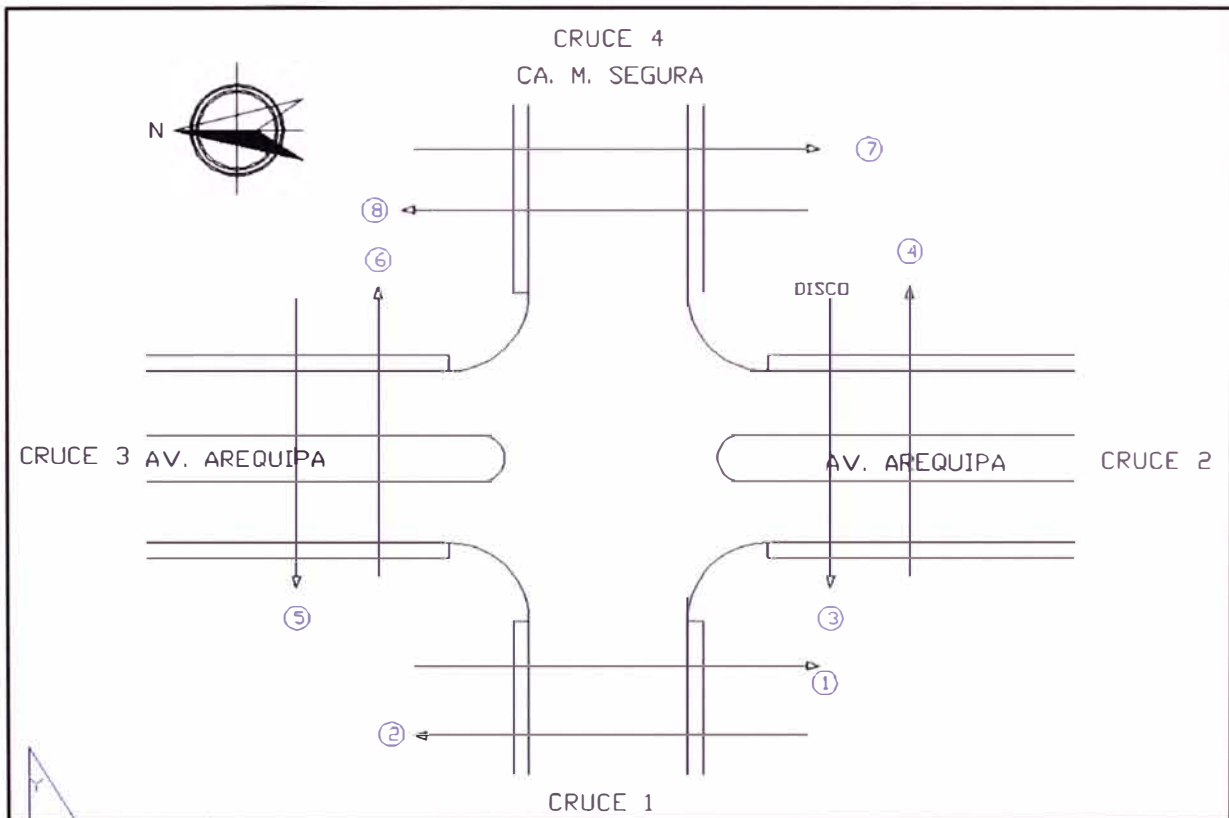
<b>Ubicación</b>	Av. Arequipa - M. Segura	<b>AFOROS</b>	
<b>Ciudad, Provincia</b>	Lima, Lima	<b>Día</b>	10/01/2008
		<b>Hora</b>	5.30-6.30
<b>Volumen Peatonal</b>			
$Q_1=$	303	pt/15min	
$Q_2=$	302,5	pt/15min	
$Q_P=Q_1+Q_2$	605	pt/15min	
<b>Anchura de Vía Peatonal</b>			
$A_T$	2,7	m	
$A_I=A_{I1}+A_{I2}+A_{I3}+A_{I4}+A_{I5}$	1,1	m	(Tabla 6-22)
$A_E = A_T - A_I$	1,6	m	
<b>NS Medio de la Vía Peatonal</b>			
$I=Q_P/15*A_E=$	25,21	pt/min/m	
NS Medio=	C	(Tabla 6-23)	
<b>NS de los Pelotones de la Vía Peatonal</b>			
$I_P=I+13,12=$	38,00	pt/min/m	
NS de los pelotones=	D	(Tabla 6-23)	

Fuente: Rocio Espinoza, 2008



**FLUJO PEATONAL – FICHA TÉCNICA N°02**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.14 – Ca. Manuel Segura.  
 FECHA : Jueves 10/01/08  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



**RESUMEN HORA PUNTA**

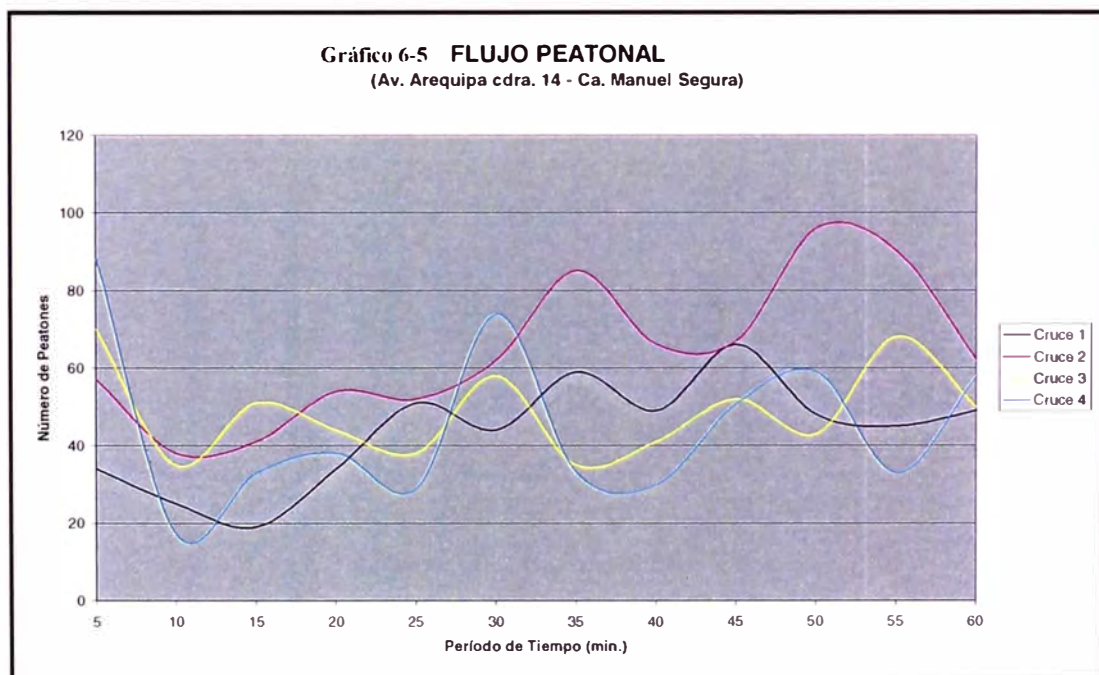
	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	Giro 5	Giro 6	Giro 7	Giro 8
ΣHora Punta	319	204	445	325	238	347	336	207
T. x VÍA	523		770		585		543	
T. INTERSECCIÓN	2421							

\* Nota: Los Flujos Peatonales de las demás intersecciones (Tabla6-21) serán apreciados en el anexo G: Flujos Peatonales.

**Tabla 6-25 Flujo Peatonal av. Arequipa – ca. Manuel Segura**

Min.	Cruce 1	Cruce 2	Cruce 3	Cruce 4
5	34	57	70	88
10	25	38	35	17
15	19	41	51	33
20	34	54	44	38
25	51	52	38	29
30	44	62	58	74
35	59	85	35	33
40	49	66	41	30
45	66	67	52	51
50	48	96	43	59
55	45	90	68	33
60	49	62	50	58

Fuente: Rocio Espinoza, 2008



Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Fotografía 6-15 Semaforización Peatonal en Av. Arequipa con Av. Aramburu**



Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**Fotografía 6-16 Semáforos en Av. Arequipa con Av. Bernardo Alcedo**



Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**6.3.1.1.3 Flujo de Ciclistas**

Los conteos de ciclistas nos muestran la cantidad de ciclistas que utilizan la ciclo-vía de la avenida Arequipa, estos datos fueron tomados el día jueves 10/01/08 en la hora de máxima demanda de flujo vehicular. En la mañana de 7.00 a 10.00 am. y en la tarde de 5.00 a 8.00 pm.

Los conteos ciclistas se realizaron en las siguientes intersecciones:

- \* Av. Arequipa cdra.4 con Ca. Saco Oliveros
- \* Av. Arequipa cdra. 9 con Av. Alejandro Tirado
- \* Av. Arequipa cdra. 14 con Ca. Manuel Segura

Obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 6-26 Flujo de Ciclista (mañana)  
RESUMEN HORA PUNTA**

	Cdra. 4		Cdra. 9		Cdra. 10		Cdra. 14	
	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N
ΣH.Punta	11	10	8	5	8	5	0	8
T. Intersec.	21		13		13		8	

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**Tabla 6-27 Flujo de Ciclista (tarde)**

**RESUMEN HORA PUNTA**

	Cdra. 4		Cdra. 9		Cdra. 10		Cdra. 14	
	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N	N-S	S-N
ΣH.Punta	7	20	10	17	10	17	4	18
T. Intersec.	27		27		27		22	

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

De las Tablas 6-26 y 6-27 se observa que el mayor flujo de ciclistas se registra en la tarde, con un máximo de 27 ciclistas que utiliza la ciclo vía de la avenida Arequipa.

Del cual la mayoría de ciclistas van desde el SUR hacia el NORTE.

**6.3.1.1.3.1 Nivel de Servicio**

El nivel de servicio de la ciclovia de la av. Arequipa es un nivel A; puesto que existen muy pocos usuarios y esto debido a que no existe una buena señalización, educación vial, seguridad en relación con accidentes y robos, incomodidad para el ciclista. En resumen costo, peligro y seguridad<sup>1511</sup> (Ver anexo H: Cálculo del nivel de servicio)

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

### **6.3.1.2 Velocidad de viaje**

Para los cálculos de velocidad se tomaron los datos obtenidos por el Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2005 donde la velocidad promedio de viaje por tipo de vehículo (transporte privado y transporte público) está por debajo de los 20 km/h en todos los periodos de tiempo y tiende a disminuir en la Avenida Arequipa. (ver tabla 6-28)

**Tabla 6-28 Velocidad Promedio en la Av. Arequipa**

Vía	Largo (km)	Velocidad de viaje promedio (km/h)		
		Entrante pico de la mañana	Entrante pico del medio día	Saliente pico de la tarde
Av. Arequipa	6.8 km	17.3	15.8	16.5

Fuente: Plan Maestro de Transporte Urbano para Lima y Callao, 2005

Además podemos decir que según el Estudio de la Consultora Vera & Moreno S.A. en el Estudio de Remodelación y Rehabilitación de la Av. Arequipa 2007, las velocidad oscilan en promedio en 28km/h para unidades tipo Coaster y de 26km/h para unidades tipo ómnibus. (Ver tabla 6-29)

**Tabla 6-29 Velocidad Promedio en la Av. Arequipa**

Velocidad Promedio (mañana – tarde)			
Coaster		Ómnibus	
S-N	N-S	S-N	N-S
28,69 km/h	26,95 km/h	25.27/km/h	27.32 km/h

Fuente: Estudio de Remodelación y Rehabilitación de la Av. Arequipa 2007

### **6.3.1.3 Seguridad Vial**

Para nuestra área de estudio se obtuvo registros de accidentes de tránsito de las Comisarias de Petit Thouars y San Isidro ocurridos en los años 2005, 2006 y 2007 observando que se suscitaron 62, 73 y 71 accidentes de tránsito respectivamente, observando que los accidentes van en aumento. (Ver tabla 6-30 y gráfico 6-6)

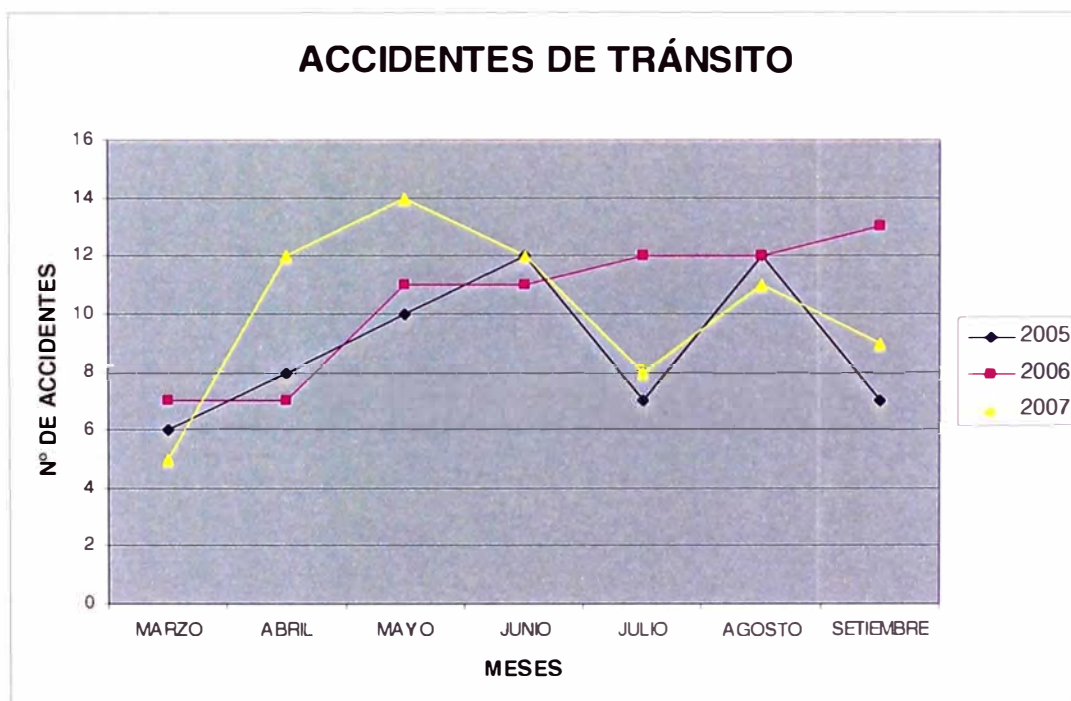
**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Tabla 6-30 Accidentes de Tránsito en la Av. Arequipa**

	2005	2006	2007
MARZO	6	7	5
ABRIL	8	7	12
MAYO	10	11	14
JUNIO	12	11	12
JULIO	7	12	8
AGOSTO	12	12	11
SETIEMBRE	7	13	9
<b>TOTAL</b>	<b>62</b>	<b>73</b>	<b>71</b>

Fuente: PNP Comisaria de Petit Thouars - Elaboración propia

**Gráfico 6-6 Accidentes de Tránsito en la Av. Arequipa**



Fuente: PNP Comisaria de Petit Thouars - Elaboración propia

De los accidentes de tránsito por tipo de accidentes tenemos que el 67% son ocasionados por choques, el 27% por atropellos y un 6% entre caída de pasajeros y despiste (*Ver anexo I: Accidentes de Tránsito por tipo de accidente*).

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**6.3.1.4 Contaminación Ambiental**

En la tabla 6-31 se observa los resultados del análisis físico químico de las muestras en otoño, en la tabla 6-32 los resultados de las muestras en invierno y en la tabla 6-33 las muestras realizadas en verano donde la av. Arequipa en todas sobre pasa el límite permisible de 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en  $\text{PM}_{10}$

<b>Tabla 6-31 Resultados del análisis físico químico de las muestras (otoño de 2000)</b>				
<b>ESTACIÓN DE MONITOREO</b>		<b>PM 10</b>	<b>Pb en PM 10</b>	<b>As en PM 10</b>
<b>Nº</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
1	Ciudad Universitaria	79.0	0.314	0.043
2	Av Arequipa/ J Prado, Lince	86.9	0.322	0.041
3	Paseo de la República, Cercado	88.7	0.409	0.048
4	Av. Universitaria, SMP	84.5	0.414	0.046
5	Av. Túpac Amaru, Comas	240.0	0.538	0.047
6	Av. Javier Prado7 Aviación, San Borja	89.6	0.4131	0.046
7	ESLIM, Callao	89.08	1.61	0.070
8	Santa Rosa, Callao	67.0	0.0	0.038
<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (<math>\text{mg}/\text{m}^3</math>)</b>		<b>70*</b>	<b>0.5**</b>	<b>6**</b>

\* OMS - \*\*R.M N° 315-96-EM/VMM del Ministerio de Energía y Minas

Fuente : IGLESIAS LEON, Silvia - GONZALES TORRES, Mario. Situación de la Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana y Callao./jun. 2001

<b>Tabla 6-32 Resultados del análisis físico químico de las muestras (invierno de 2000)</b>				
<b>ESTACIÓN DE MONITOREO</b>		<b>PM10</b>	<b>Pb en PM10</b>	<b>As en PM 10</b>
<b>Nº</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
1	Ciudad Universitaria, Lima	90	0.087	0.032
2	Av. Arequipa/ J Prado, Lince	76.8	0.098	0.018
3	Paseo de la República, Cercado	88.7	0.409	0.048
4	Av Universitaria, SMP	84.5	0.184	0.032
5	Av. Túpac Amaru, Comas	200	0.205	0.035
6	Av. J Prado/ Aviación, San Borja	75.6	0.0178	0.032
7	ESLIM, Callao	60	0.169	0.008
8	Santa Rosa, Callao	61.9	0.01	0.029
<b>LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE (<math>\text{mg}/\text{m}^3</math>)</b>		<b>70*</b>	<b>0.5**</b>	<b>6**</b>

\* OMS - \*\*R.M.N° 315-96-EM/VMM del Ministerio de Energía y Minas

Fuente : IGLESIAS LEON, Silvia - GONZALES TORRES, Mario. Situación de la Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana y Callao./jun. 2001

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

<b>Tabla 6-33 Resultados del análisis físico químico de las muestras (primavera de 2000)</b>				
<b>ESTACIÓN DE MONITOREO</b>		<b>PM10</b>	<b>Pb en PM 10</b>	<b>As en PM 10</b>
<b>Nº</b>	<b>UBICACIÓN</b>	<b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>(mg/m<sup>3</sup>)</b>
1	Ciudad Universitaria, Lima	75	0.245	0.038
2	Av. Arequipa/ J. Prado, Lince	72	0.098	0.035
3	Paseo de la República, Cercado	80	0.409	0.048
4	Av. Universitaria, SPM	70	0.245	0.035
5	Av. Túpac Amaru, Comas	80	0.348	0.042
6	Av. J. Prado/ Aviación, San Borja	72	0.241	0.043
7	ESLIM, Callao	50	1.234	0.05
8	Santa Rosa, Callao	45	0.151	0.032
<b>LÍMITE PERMISIBLE (mg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>70*</b>	<b>0.5**</b>	<b>6**</b>
* OMS **R.M N° 315-96-EM/VM del Ministerio de Energía y Minas				

Fuente : IGLESIAS LEON, Silvia - GONZALES TORRES, Mario. Situación de la Contaminación Atmosférica en Lima Metropolitana y Callao./jun. 2001

En el gráfico 6-7 se muestra las concentraciones mensuales de los contaminantes atmosféricos durante el año 2007, obtenidas de la estación CONACO ubicada en el centro de Lima, esto para tener una referencia para nuestra área de estudio de la av. Arequipa.

También se indica los límites permisibles establecidos por el D.S. 074-2001 – PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de la Calidad del Aire”

En la tabla 6-34 observamos que las concentraciones en promedio de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> no superan los límites permisibles; pero en PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> si supera ampliamente los límites permisibles de los estándares nacionales de la calidad del aire.



**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Tabla 6-34 Concentración de los contaminantes atmosféricos durante el 2007 – Estación CONACO**

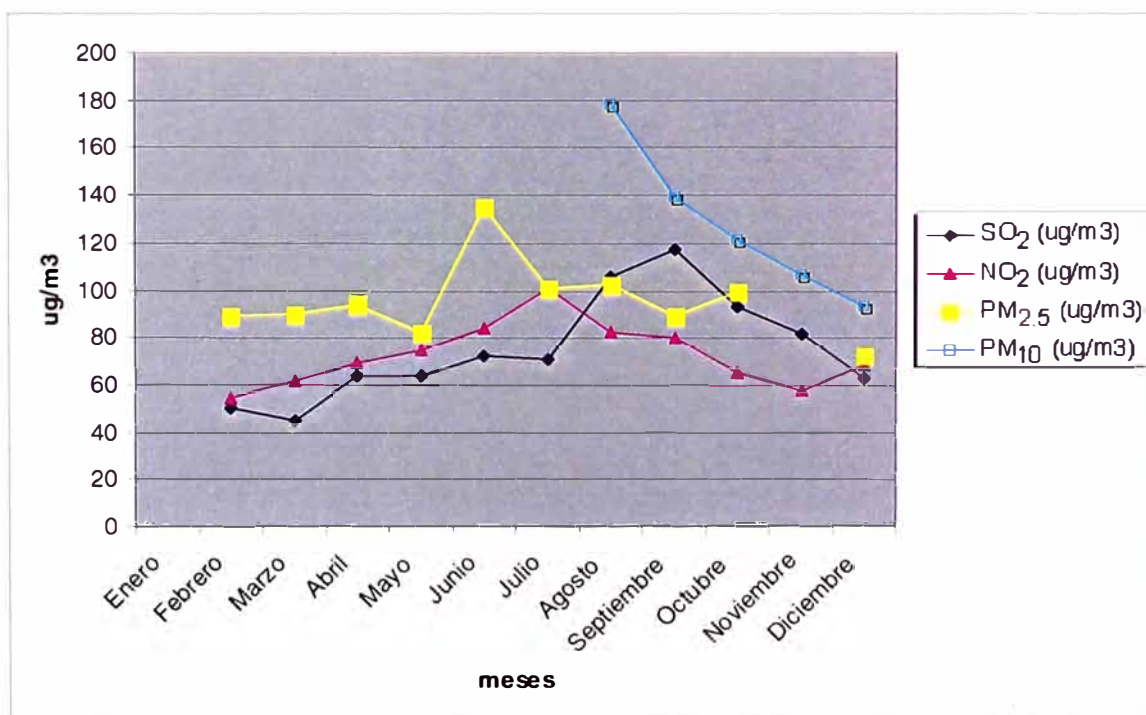
Meses	SO <sub>2</sub> (ug/m3)	NO <sub>2</sub> (ug/m3)	PM <sub>2.5</sub> (ug/m3)	PM <sub>10</sub> (ug/m3)
Enero				
Febrero	50.42	54.49	89.63	s.m.
Marzo	45.41	61.15	90.36	s.m.
Abril	63.66	69.47	94.49	s.m.
Mayo	63.95	74.85	82.33	s.m.
Junio	72.57	84.32	135.5	s.m.
Julio	70.55	100.78	101.24	s.m.
Agosto	105.82	82.82	102.37	177.9
Septiembre	117.35	80.15	89.18	138.98
Octubre	93.17	65.3	99.6	121.51
Noviembre	81.39	57.54	s.m.	106.55
Diciembre	62.72	68.83	72.37	93.52
<b>PROMEDIO</b>	<b>75.18</b>	<b>72.70</b>	<b>95.71</b>	<b>127.69</b>
Límite permisible (ug/m3)*	<b>80*</b>	<b>100*</b>	<b>15*</b>	<b>50*</b>

Fuente: DIGESA, Programa de vigilancia de la calidad del aire de Lima y Callao, 2007

s.m.=sin muestra

\* D.S. 074-2001-PCM

**Gráfico 6-7 Concentración de los contaminantes atmosféricos durante el 2007 – Estación CONACO**



Fuente: DIGESA, Programa de vigilancia de la calidad del aire de Lima y Callao, 2007

### **6.3.2 Determinación de la estrategia de gestión**

Una vez estimado el estado del sistema, esta información se utilizará con el fin de determinar la manera de administrar y mejorar los niveles de congestión (movilidad), las velocidades, seguridad vial y niveles de contaminación vistos en la estimación anteriormente.

#### **6.3.2.1 Estrategia**

Determinación del tiempo de ciclo de los semáforos en la av. Arequipa, con planes dinámicos – sincronizados, que permitirá transmitir la información en tiempo real desde los sensores hacia el centro de control y posteriormente trasmitirlo hacia los usuarios. En la estrategia también se propone la inclusión de la fase peatonal y el mejoramiento de la velocidad promedio en la av. Arequipa.

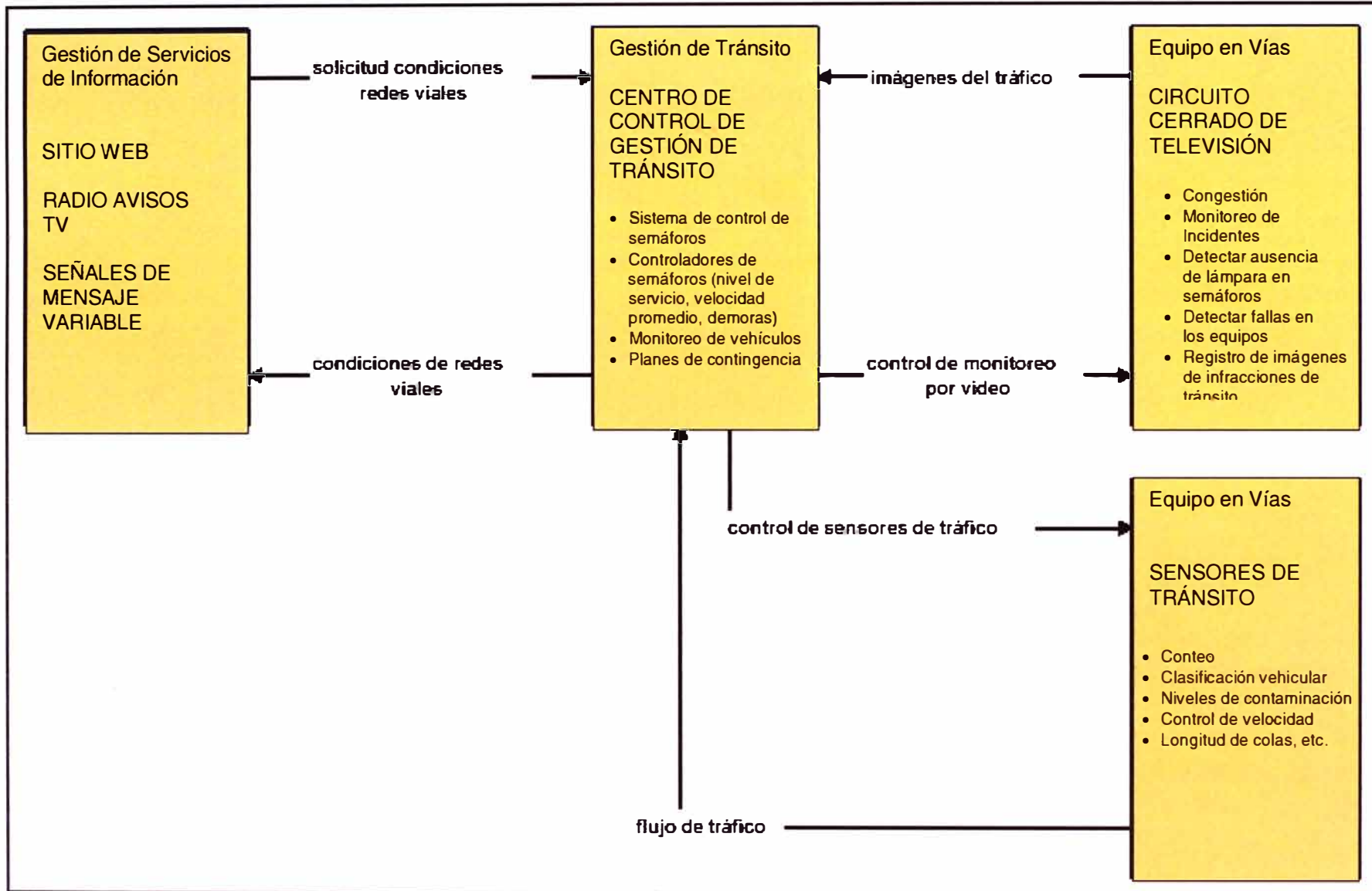
En el gráfico 6-8 Monitoreo de la Red – Centro de Control de Gestión de Tránsito, observaremos el proceso que debe seguirse en las redes viales en condiciones recurrente y no recurrentes (incidentes, cierres de calle, desvíos de tránsito, eventos especiales, etc).

A la ocurrencia de lo anterior mencionado los sensores de tránsito y las cámaras de circuito cerrado de televisión recolectarán toda información en forma automática y enviarán al Centro de Control de Gestión de Tránsito donde se centralizará y tomará las previsiones del caso y al mismo tiempo el Centro Control verificará los datos obtenidos.

En el gráfico también observamos que la información es recolectada por los equipos en vías para luego trasmitirla al centro de control de gestión de tránsito, donde se procesara la información para ser enviada a los usuarios de la vía.

## DIAGRAMAS REPRESENTATIVOS DE LA ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL TRANSPORTE

Gráfico 6-8 Monitoreo de la Red – Centro de Control de Gestión de Tránsito



### **6.3.2.1.1 EQUIPOS EN VIAS**

Corresponde a todas las funciones de recolección de información, la que debe ser precisa y disponible en el instante que se necesita. Se propone sistemas de adquisición de datos como cámaras de televisión, sensores en el pavimento, etc.

#### **DESCRIPCIÓN**

##### **1) SENSORES DE TRÁNSITO**

Los detectores de arco están formados por uno o más arcos de cable incrustado en el pavimento y conectados a una caja de control y que conducen una señal de 10 a 200 KHz de frecuencia. Cuando un vehículo pasa o permanece sobre el arco, la inductancia del mismo se reduce, indicando la presencia de un vehículo. Los detectores de arco darán información respecto al número de vehículos que pasan y el tiempo que permanecen sobre el detector.

La tecnología de los arcos de inducción es la más utilizada ya que, además de medir el flujo y la ocupación, permiten estimar también las velocidades de los vehículos, mediante el uso de dos detectores de arco. También podrá usarse en controles de semáforos y para detectar incidentes o congestiones.

El sistema de detección se compone de tres elementos, un bucle inductivo, un cable de enlace, y un detector.

Un bucle inductivo está compuesto por un cable eléctrico, situado en el pavimento, y posteriormente cerrado, para evitar su deterioro y su corrosión por agentes externos, que viene unido al circuito detector, mediante un cable de enlace, compuesto por dos conductores debidamente trenzados entre sí, el cual también debe estar debidamente enterrado en el pavimento. Tanto el bucle, como el cable de enlace, deben situarse a unos 4 ó 5 cms de profundidad, y una vez comprobado su buen funcionamiento, se puede rellenar con cemento fluido, resina, siliconas, etc., para evitar su movimiento y quedar protegido.

La unidad de control local (UCL) establecerá una interfaz digital para el bucle inductivo y se muestra cada canal de entrada a un tipo fijo y se almacena velocidad, ocupación y tasas de volumen en su memoria.

La UCL mantendrá un promedio móvil de estos tipos, y en un período de entre 10 y 60 segundos (nominalmente 20 segundos), se enviará el promedio acumulado de datos de ocupación del sistema.

La UCL también realiza el seguimiento de diagnóstico de cada detector a prueba de inactividad y las condiciones de máxima presencia. Los resultados de este diagnóstico de vigilancia serán enviadas al sistema. La conexión con el sistema se efectuará a través de un enlace de comunicación digital.

**Ilustración 6-4 Sensores en el pavimento**



Fuente: CAPys, Catálogo Técnico CAPsys, [www.fornvalls.com](http://www.fornvalls.com), 2008

Los detectores vehiculares cumplirán varias funciones relacionadas con el control de semáforos entre otras aplicaciones:

- a) Detector para el área coordinada y control lineal para poder determinar el largo del ciclo y el patrón de compensación.
- b) Detectores para indicar congestión, como el largo de las colas
- c) Detectores para el control de intervalos.
- d) Detectores para el control del movimiento vehicular (flujo y ocupación).
- e) Detectores para el control de la velocidad
- f) Detectores para compilar estadísticas de tránsito
- g) Detector de niveles de contaminación (para reforzar la red de DIGESA)

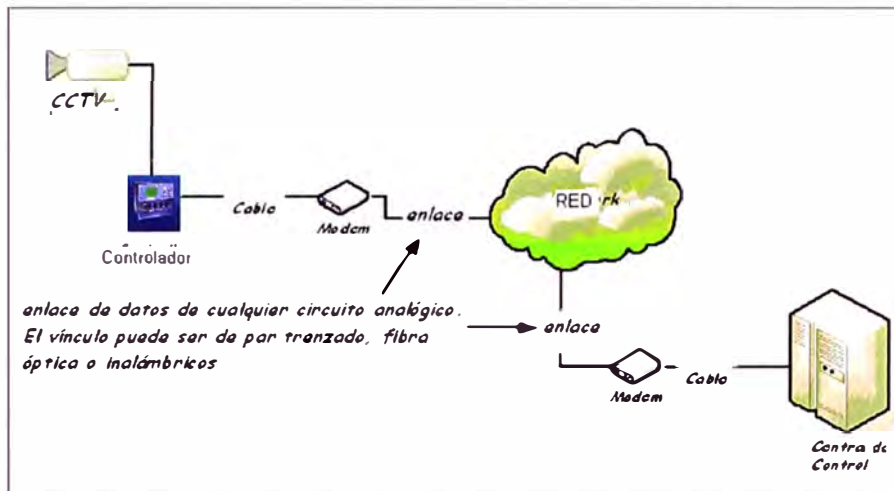
## **2) CIRCUITO CERRADO DE TELEVISIÓN (CCTV)**

Los sistemas de detección de imágenes por medio de video emplearán tecnologías que permitirán analizar de manera automática la información de tránsito que se captura con sistemas de circuito cerrado de televisión. Se usará para monitorear las condiciones del tránsito en autopistas, arterias e intersecciones, detectar incidentes y clasificar vehículos. Su principal ventaja radica en que pueden cubrir un área que incluya varios carriles con una sola cámara. Al detectar incidentes, puede identificarse el tipo de incidente, su gravedad y la clase de intervención necesaria para atenderlo.

Además el sistema constará de cámaras para el registro de imágenes y estarán situados en algunas intersecciones. Se complementa con un sistema de procesamiento de infracciones, situado en el centro de control, que se encargará de elaborar y procesar los informes sobre violaciones de los reglamentos existentes. Dentro de las infracciones se considerará el respeto por las ordenes de luz roja (pare). Este sistema se combinará detectores localizados de 6 a 8 pies (1.83 a 2.44 metros) pasando la línea de detención en cada carril (dentro de la intersección), cámara, comunicaciones y procesador de campo.

Cuando la señal se ponga en rojo, el procesador revisa los detectores para ver si algún vehículo está en su área. Si es así, el procesador activa la cámara para capturar una serie de imágenes del vehículo ofensor. Estas imágenes se imprimen con una fecha, hora, ubicación de la intersección y velocidad del vehículo.

**Ilustración 6-5 Diagrama Básico -Cámaras CCTV**



Fuente: Telecommunications Handbook for Transportation Professionals: The Basics of Telecommunications, FHWA, 2005

### **6.3.2.1.2 CENTRO DE CONTROL DE GESTIÓN DE TRÁNSITO**

#### **1) DESCRIPCIÓN**

Corresponde al lugar físico al cual se dirige la información relevante, que puede provenir de distintas fuentes. En ese lugar se consolida y procesa la información, para que operadores apoyados por herramientas computacionales tomen decisiones y generen información o estímulos que alteren el comportamiento de los usuarios en el sentido que permita optimizar el uso del sistema de transporte.

Para poder responder a las fluctuaciones del tránsito por periodos de tiempo, el sistema de control de tránsito para el área del estudio adopta un sistema de control de respuesta al tránsito (sistema de control en tiempo real), que debe responder efectivamente a las diferentes condiciones de tránsito.

El sistema de control de tránsito automáticamente evaluará el nivel de saturación de las intersecciones en base a los datos en línea recibidos de los detectores en estas intersecciones, y aplicará diferentes métodos de control dependiendo del nivel de saturación.

#### **Método de control**

Cuando la demanda de tránsito tiene una baja saturación, los objetivos del sistema no son solo reducir las demoras y paradas sino también hacer que el flujo de tránsito sea seguro moderando la velocidad de los vehículos. Después, cuando la demanda de tránsito está casi saturada, este sistema enfrenta la congestión mejorando la eficiencia del tiempo en verde las intersecciones. Se calcula directamente el intervalo y ciclo a cada número determinado de minutos en base a la cola y los volúmenes de tránsito calculados de la información del detector vehicular. Finalmente, si la congestión ha excedido el límite de saturación el sistema controla los ingresos al área.

La instalación de un Centro de Control de Tránsito será equipada con los siguientes componentes como:

**Servidor.-** calcula los parámetros de control de los semáforos en función a la información brindada por los detectores y de acuerdo a método de control establecido. Puede comunicarse con los operadores por medio de dispositivos periféricos y despliegues de mapas.

**Procesador Principal.-** procesa los datos brutos recibidos de los detectores por medio de controladores locales y manda los datos procesados al servidor. También recibe parámetros de control de semáforos del servidor, procesa los datos y los envía a los controladores locales. Asumiendo parte de las tareas rutinarias en tiempo real a alta velocidad requeridos por una unidad de procesamiento central, ayuda a elevar el funcionamiento del servidor.

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Adicionalmente al servidor y al procesador principal, el centro de control está equipado con varios equipos que permiten la comunicación entre los operadores y la computadora.

- a) Despliegue de mapa de pared.
- b) Consolas de operación.
- c) CRT (pantallas gráficas)
- d) Periféricos informáticos.
- e) Otros.

Otros Equipos.- Para aumentar el rendimiento del sistema de control de tránsito, las siguientes instalaciones son necesarias para el sistema.

- a) Flujo eléctrico continuo.
- b) Aire acondicionado.
- c) Módem y marco de distribución principal.
- d) Cabina de transmisión de radio.
- e) Radio teléfono.

Es importante asegurar que un sistema de control sea bastante confiable, debido a la gran dependencia en el transporte vial que se puede observar en la vía. Los siguientes componentes del sistema deben tener equipos dobles.

- a) Servidor.
- b) Procesadores principales.
- c) Sistema de comunicación entre el centro y los controladores locales.

Con respecto al mantenimiento, se debe establecer una organización de mantenimiento para poder apoyar el mantenimiento regular y la prevención de problemas relacionados con los equipos del sistema. Las siguientes actividades principales son necesarias para el mantenimiento.

- a) Inspección.
- b) Solución de problemas (Reparación).

### **2) FUNCIONES**

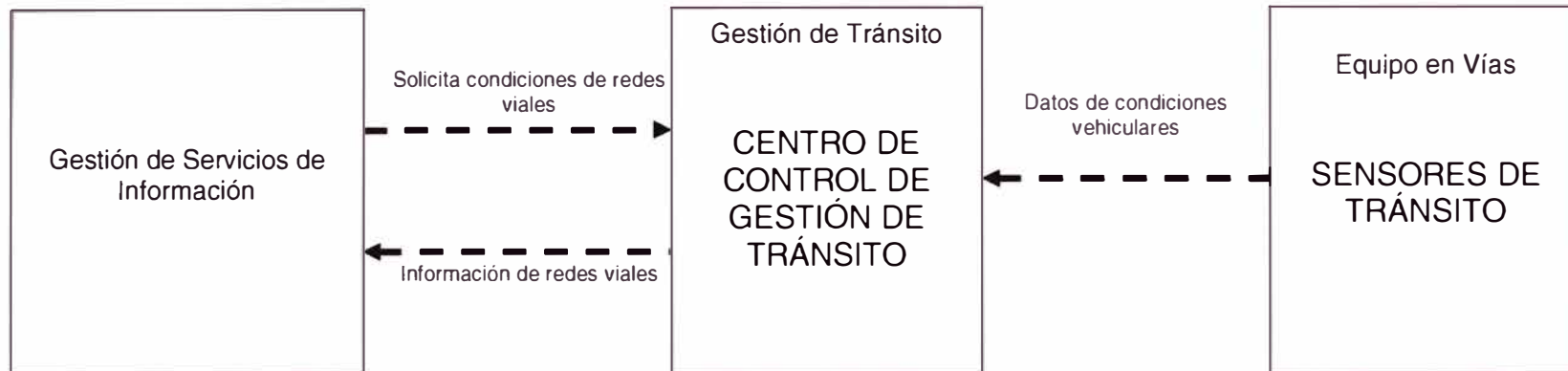
- a. Monitorizar el funcionamiento de las intersecciones semaforizadas de la avenida Arequipa.
  - ✓ Detectar ausencia de lámpara en semáforos.
  - ✓ Detección identificación y registro de fallas posibles en los controladores.
  - ✓ Modificación de parámetros de estructuras y funcionamiento a distancia.
  - ✓ Estadísticas de fallas y lámparas quemadas (pudiendo identificar tipo, marca, potencia y horas de vida).



## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

- ✓ Visualización e identificación de dispositivos (controladores, cámaras, contadores, etc.) en mapas de zona y generales.
  
- b. Sistema de control de semáforos o de onda verde.
  - ✓ Conteo Automático de Tráfico
  - ✓ Optimización de los tiempos de verdes según el tráfico lo requiera (por decisión del operador o del sistema).
  - ✓ Revisión de Estudios de Impacto Vial, por obras o proyectos públicos y privados que afecten la operación de los semáforos
  - ✓ Certificación de controladores de tráfico, realizar periódicamente pruebas a los controladores de tráfico, antes de autorizar o renovar los permisos de instalación en cruces semaforizados en la avenida Arequipa.
  
- c. Ejecución de planes de contingencia desde el centro de control o desde entidades públicas o privadas (bombero, policía, etc).
  
- d. Sistema de procesamiento de infracciones encargado de elaborar y procesar los informes sobre violaciones de los reglamentos existentes

Gráfico 6-9 Monitoreo de vehiculos



## ***SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA***

En el Gráfico 6-9 Monitoreo de vehículos, el monitoreo será controlado por el Centro de Control de Gestión de Tránsito.

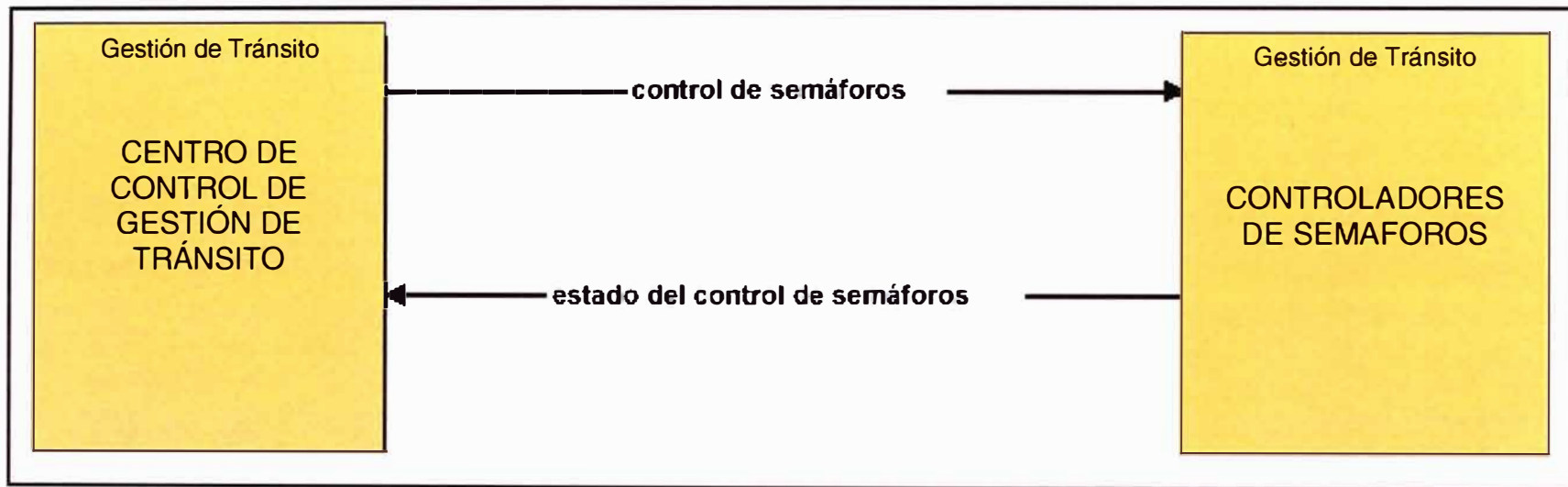
Permitirá detectar en el Centro de Gestión de Tránsito y en tiempo real, los desperfectos que se presenten en cualquiera de las intersecciones, ya sea por luces en mal estado como por otro tipo de daños que afecten negativamente el funcionamiento de los semáforos en un punto específico. De inmediato podrá enviarse entonces a una cuadrilla de mantenimiento a realizar la respectiva reparación. Se minimizarán así las posibilidades de que ocurran accidentes de tránsito por causa del mal funcionamiento de los semáforos.

Permitirá visualizar en el mismo Centro de Control de Tránsito, en tiempo real y por medio de un sistema de circuito cerrado de televisión (CCTV), lo que está sucediendo en los sectores más conflictivos de la ciudad, lo que permitirá a los técnicos de ese Centro tomar decisiones sobre los mejores planes de tiempos que se deben utilizar en ese momento, y en ese sector específico, para agilizar la circulación vehicular. Esto se hará por medio de cámaras que se instalarán en varios sectores de la ciudad.

Para el monitoreo de vehículos se detectará por el sensor de tránsito para dar pase libre en las intersecciones que cuenten con este sistema.

Este método será controlado por el Centro de Control de Gestión de Tránsito y los usuarios pueden ingresar a la Gestión de Servicios de Información para solicitar información de cuáles son las vías que utilizan este sistema y las condiciones de la misma.

Gráfico 6-10 Sistemas de Control de de Semáforos



## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

En el Gráfico 6-10 Sistemas de Control de semáforos, el sistema de control de semáforos será modificado y controlado por el Centro de Control de Gestión de Tránsito.

El Centro de Control de Gestión de Tránsito recibe y controla toda la información referida a la situación del tránsito de las vías, como se explico en el gráfico anterior que proviene de los equipos situados en vías.

Todos los equipos situados en vías, envían continuamente el flujo de tráfico, imágenes de tráfico al Sistema Central de Control de Tránsito el cual procesa esta información y de acuerdo a unos planes en tiempo real para los semáforos se controlará los tiempos de ciclo en las intersecciones.

Los tiempos de verde en cada intersección se asignarán de acuerdo con los volúmenes de tránsito presentes en la red vial, lo que lógicamente aumentará la eficiencia de cada semáforo instalado en cada intersección. Este es el principal beneficio que será percibido por los conductores al circular por la red vial, cuando constaten que los tiempos de viaje se reducirán con respecto a la situación actual. Lógicamente, estas disminuciones serán mayores fuera de las horas pico.

A continuación la metodología de la información que se procesará sobre las condiciones de las redes viales:

### **a) SEMAFORIZACIÓN**

En una intersección las trayectorias de los movimientos que concurren a la misma se intersectan entre sí creando puntos potenciales de colisión a los cuales se les asigna el nombre de puntos de conflicto. El objetivo del semáforo es procurar eliminar de la intersección el mayor número posible de puntos de conflicto. <sup>[53]</sup>

Para el presente proyecto de implementación de sistemas de transporte inteligente en la av. Arequipa, es necesario primero tener la vía en sus mejores condiciones de vialidad para luego proceder a implementar la tecnología SIT. Por ello una vez obtenido los flujos vehiculares realizados en campo, se procede a calcular los tiempos de ciclo óptimos para estas intersecciones. <sup>[54][55]</sup>

Se utilizo el método desarrollado por WEBSTER, el cual se resume a continuación:

**Calculo del Ámbar:** <sup>[56]</sup>

$$I = Tr + \frac{Vo}{2f \cdot g} + \frac{(w+l)}{Vo}$$

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

- I = Ambar (seg.)
- Tr = tiempo de reacción y percepción del conductor (seg.)
- Vo= Velocidad (m/s)
- f = condiciones del pavimento
- g = gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- w= ancho del carril (m)
- l = longitud del vehiculo (m)

**Para determinar el Ciclo Óptimo (Co)** <sup>[57]</sup>

$$Co = \frac{1.5L + 5}{1 - \sum_{i=1}^{\phi} Y_i}$$

Donde:

Co= tiempo óptimo del ciclo (seg.)

L = tiempo perdido por ciclo (seg.)

Yi = máximo valor de la relación entre el flujo actual y el flujo de saturación para el acceso o movimiento o carril crítico de la fase i

Φ = número de fases

**Aplicando las fórmulas en av. Arequipa intersección con ca. Mariano Carranza**

Calculando el I (ámba):

Tr =	1*
Vo (km/hr) =	45.00
Vo (m/s) =	5.56
f =	0.33*
g (m/s <sup>2</sup> )=	9.81
# carril =	2
ancho de carril =	11
long. vehículo =	20*

<sup>[54]</sup>

**I = 4 seg.**

Calculando el Co (ciclo óptimo):

L = 4  
 φ fases= 2  
 Yi = 0.7632

Co= 71.7905405

Co= **70''**

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

UNIDAD VEHICULAR EQUIVALENTE			
ACCESO	IZQUIERDA	DE FRENTE	DERECHA
1	75	1287.5	0
2	0	1315	33
3	29	790.5	47
ACCESO	IZQUIERDA	DE FRENTE	DERECHA
1	112.5	1287.5	0
2	0	1315	36.3
3	43.5	790.5	51.7

CARRIL A DERECHA	1.1
CARRIL A IZQ. PROTEGIDO	1.1
CARRIL IZQ. PERMITIDO	1.5

**VOLUMENES CRITICOS**

ACCESO	CARRIL	FASE	VOLUMEN
1	A	I	756.25
	B	I	643.75
2	A	II	667.5
	B	II	603.8
3	A	I	438.75
	B	I	446.95

PAG 9-27 HIGH WAY CAPACITY MANUAL- FLUJO SATURACIÓN 1900

FASE I 756.25      Y1 = 0.398      **TIEMPO DE CICLO**

FASE II 693.8      Y2 = 0.3652

$\Sigma Y =$

**DISTRIBUCION POR FASE**

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 6-35, así mismo estos datos fueron trabajados sobre la hora punta donde se presentan los mayores problemas de congestión y para el resto de horas corresponde un tiempo adecuado. Además como el sistema general que se propone es un sistema dinámico se ajustará de acuerdo a las condiciones en tiempo real del tráfico.

**Tabla 6-35 Tiempos de Ciclo en el área de estudio**

INTERSECCIÓN	AMBAR	T. CICLO
av. Arequipa con ca. Saco Oliveros	4''	60''
av. Arequipa con av. Alejandro Tirado	4''	65''
av. Arequipa con ca. Mariano Carranza	4''	70''
av. Arequipa con ca. Manuel Segura	4''	60''

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Sólo se muestran los datos de las intersecciones que tienen los más altos volúmenes de vehículos en la hora punta.

En la ilustración 6-6 se muestra el diagrama de fases, donde sólo considera 2 fases debido a que:

- 1) Las intersecciones analizadas no superan los 200veh/h <sup>[58]</sup>.
- 2) La velocidad del tráfico en sentido inverso no supera los 65km/h, en el giro a la izquierda para que pueda ser considerado <sup>[59]</sup>.

### **Cálculo de la fase peatonal**

Tiempo de verde para la fase peatonal exclusiva

$$G_p = t_s + \frac{d_x}{u_p}$$

$G_p$  = tiempo de verde de peatones en segundos

$t_s$  = tiempo perdido al empezar (4-7 segundos) <sup>[60]</sup>

$d_x$  = distancia de cruce

$u_p$  = velocidad de camino (1.2m/seg) <sup>[60]</sup>

Donde:

$t_s = 7$  seg

$d_x = 5.7$  m

$u_p = 1.2$  m/seg.

$$G_p = 7_s + \frac{5.7m}{1.2m/s} = 11.75s$$

$$G_p = 15''$$

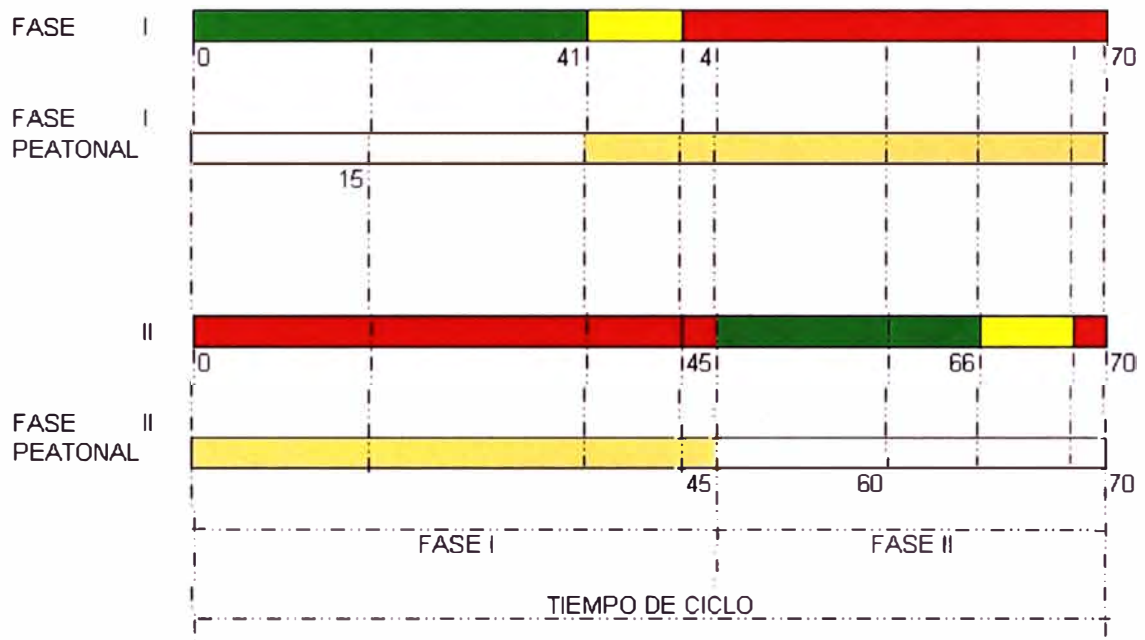


**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Ilustración 6-6 av. Arequipa – av. Alejandro Tirado**

**DISTRIBUCIÓN POR FASE**

I FASE	45	(40G+5A)
II FASE	25	(19G+5A+1AR)



**LEYENDA**

- VERDE PEATONAL
- INTERVALO DE DESPEJE
- ROJO PEATONAL

Fuente: Elaboración propia

**b) SINCRONIZACIÓN DE SEMÁFOROS**

En los núcleos urbanos la distancia entre las intersecciones semaforizadas es muy pequeña, por lo que el funcionamiento de los semáforos de una de ellas tiene una influencia muy notable sobre todas las que se encuentran en sus alrededores. Hasta tal punto llega a ser importante la mutua influencia entre intersecciones, que la regulación del tránsito depende mucho más de la coordinación entre semáforos que de las fases y tiempos que pueda poseer cada cruce en particular.

Para la sincronización de los semáforos se utilizó el software SYNCHRO 6.0, el cual nos dio los siguientes resultados:

**Tabla 6-36 Tiempos de Ciclo – de la sincronización**

av. Arequipa intersección con:	Tiempo de ciclo
ca. Saco Oliveros	70''
av. Alejandro Tirado*	70''
ca. Mariano Carranza	70''
ca. Manuel Segura	70''

*Resultados del software Synchro*

\* Master

El estudio de la coordinación implica, centrándonos en el caso de un calle, determinar un desfaseamiento entre el encendido de los verdes de los cruces semaforizados de acuerdo con la velocidad que posee el tránsito y las distancias entre cruces.

Se denomina desfaseamiento al tiempo que transcurre entre un tiempo elegido arbitrariamente como origen y el encendido de un determinado verde. Para que este desfaseamiento se mantenga constante a lo largo del tiempo, se precisa que la cadencia de los cambios de luces de todas las intersecciones coordinadas sea la misma, es decir, que tengan un mismo ciclo.<sup>[61]</sup> Para nuestro caso de estudio se tomará el tiempo de ciclo más alto de 70'' en la intersección con ca. Mariano Carranza y se considero como master o central la intersección con la av. Alejandro Tirado por tener la mayor cantidad vehicular en la hora punta.

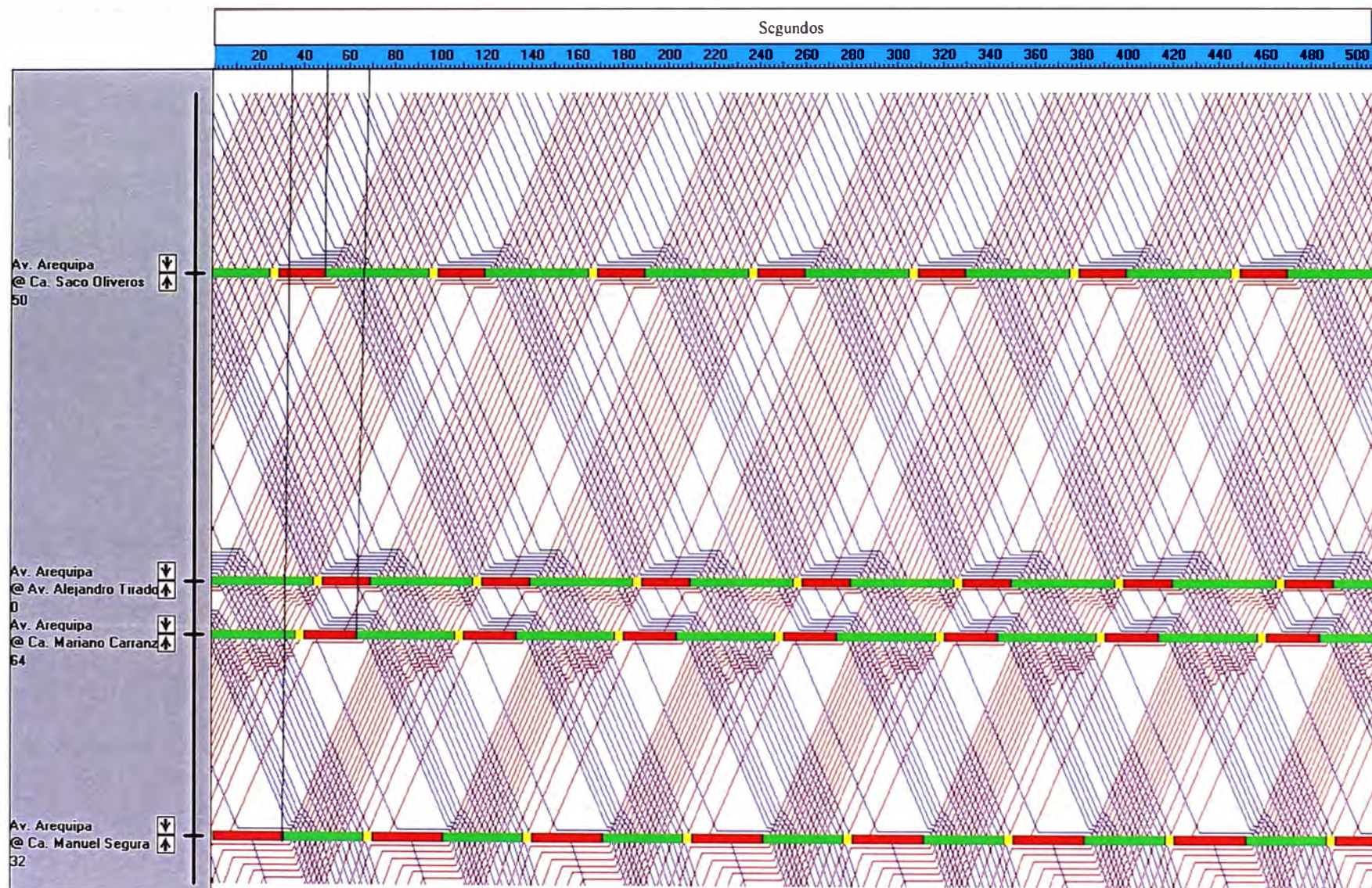
**Tabla 6-37 Desfase – de la sincronización**

av. Arequipa intersección con:	Desfase
ca. Saco Oliveros	50''
av. Alejandro Tirado*	0''
ca. Mariano Carranza	64''
ca. Manuel Segura	32''

*Resultados del software Synchro*

\* Master

Ilustración 6-7 Diagrama Tiempo- Espacio (Desfase)



- **Diagrama Espacio – Tiempo**

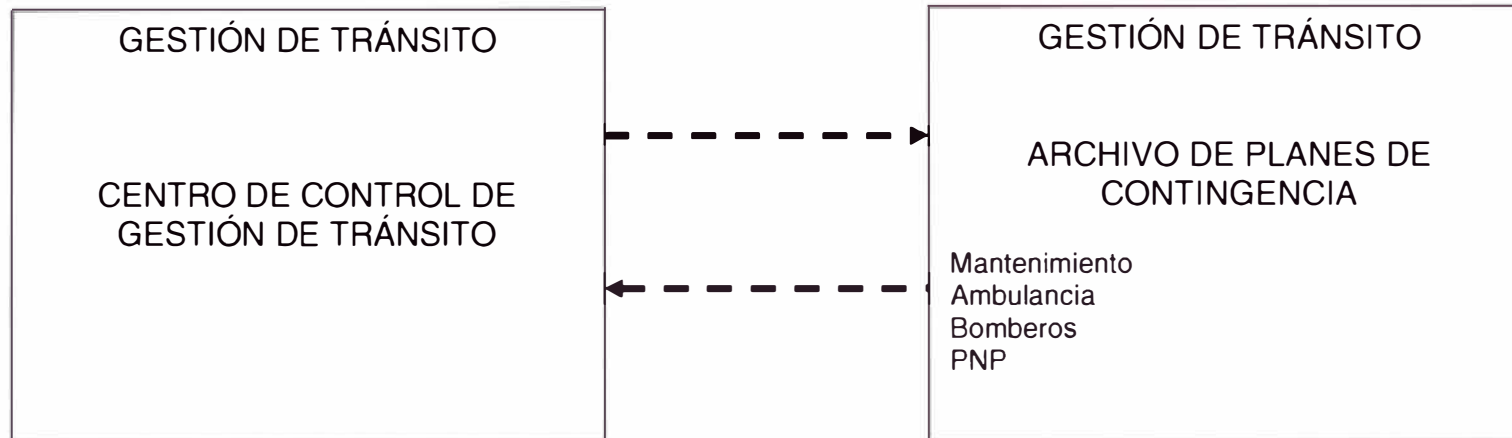
Consiste en un par de ejes coordenados donde, en ordenadas, se representa las distancias entre intersecciones, mientras que en abscisas se representa el tiempo. Normalmente se toma un instante fijado “a propori” como origen de tiempos y una intersección como origen de distancias.

Sobre la vertical de cada intersección se representa el estado de cada instante que presente el cruce, teniendo en cuenta que para los efectos de la arteria en estudio éste estado sólo admite dos posibilidades, verde o rojo.

Fácilmente, sobre un diagrama de este tipo, puede representarse la trayectoria de un vehículo. Suponiendo que éste se trata de una masa puntual es posible determinar sus coordenadas tiempo y distancia, tal como se puede apreciar en la ilustración 6-7.

Con el diagrama espacio-tiempo se calculó el desfase necesario para la sincronización en la av. Arequipa, considerando como intersección principal al cruce con la av. Alejandro Tirado por concentrar mayor tránsito vehicular en la hora punta.

Gráfico 6-11 Planes de Contingencia



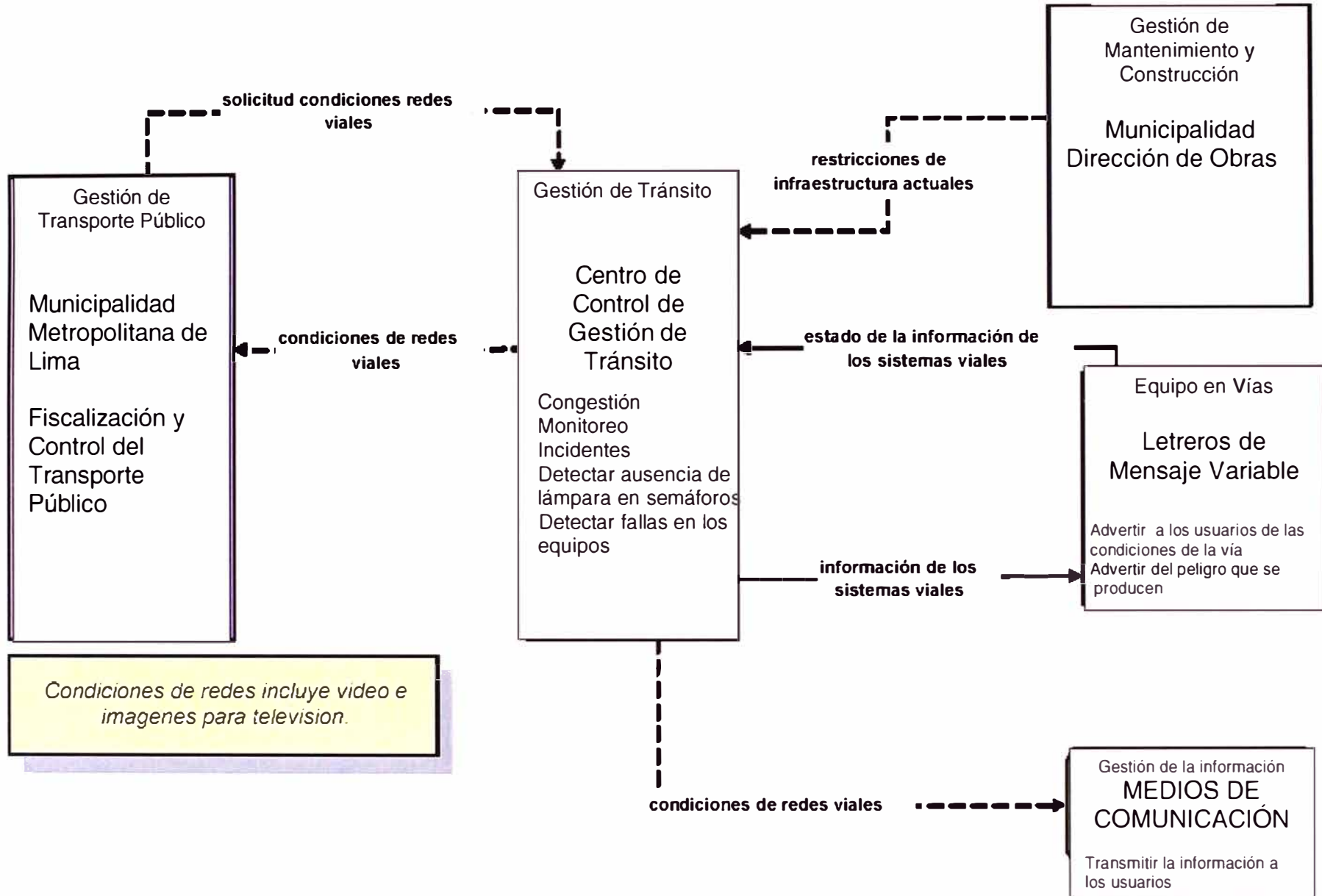
En el Gráfico 6-11 Planes de Contingencia, los planes de contingencia serán controlados por el Centro de Control de Gestión de Tránsito.

La gestión de tránsito debe continuamente actualizar los conteos vehiculares que circulan por el área de estudio, y además generar archivos de planes de contingencia que sirvan para despejes de vías en diversas situaciones.

Esto siempre debe ser solicitado por el Centro de Control de Gestión de Tránsito para su ejecución en el momento que sea necesario.

Por medio del sistema de gestión de tránsito a través de la gestión de información (gráfico 6-12), podrá informarse a los conductores que están ingresando a la ciudad sobre las zonas que estén más congestionadas, ya sea por accidentes o por situaciones especiales (marchas, manifestaciones, cierres de vía, trabajos en la vía pública, etc.), sugiriéndoles tomar otras vías alternas para que puedan llegar a sus destinos y que no ingresen a esos sectores con problemas a empeorar la situación de congestión.

Gráfico 6-12 Sistema de Gestión de Tránsito a través de la Gestión de Información



### **6.3.2.1.3 GESTIÓN DE SERVICIOS DE INFORMACIÓN DE TRÁNSITO**

Es una función muy importante ya que permite el flujo de información entre al sistema de adquisición de datos y a la sala de control. La transmisión de datos será por vía alámbrica o inalámbrica, y mediante terminales fijos como teléfono, internet y televisión, o terminales móviles como los teléfonos celulares o la radio

Para la administración y gestión de la información se requiere de tecnología de comunicaciones, de procesamiento y de almacenamiento.

#### **1) DESCRIPCION**

La red de comunicación digital se utilizará para el transporte de vídeo, datos, voz y datos de campo para el equipo de Centro de Control de Operaciones. La red empleara protocolos estándar de comunicación transmitidos a través de fibra óptica de modo de sistema. Equipo de comunicación dentro de la red de digitalizar el vídeo, datos, voz y señales antes de la transmisión para proporcionar la calidad, fiabilidad, compatibilidad y capacidad de expansión necesaria para los actuales y futuros sistemas.

La intención de la comunicación diseño es proporcionar una sola red para transmitir datos, voz y vídeo. Debido a la enorme cantidad de datos necesarios para transmitir y la necesidad de emitir vídeos de calidad es obligatorio tener un convertidor de movimiento total analógico digital.

La señal de vídeo establecerá una interfaz para monitores y paneles de video. Así como también una interfase para la gestión del control remoto de la cámara (pan-and-tilt/lens) controlándolo en el terreno.

Los cables de fibra óptica proporcionarán una copia de seguridad que se enviará al centro de control de operaciones.

En el centro de control de operaciones, se establecerá una interfaz principal para la copia de seguridad y cables de fibra óptica para recibir el flujo de datos.

El sistema utilizará un circuito virtual, que será instalado en el centro de control de operaciones. El circuito virtual se utilizará para establecer rutas de transmisión de datos entre el ordenador remoto y el equipo de campo incluyendo las unidades de control local, señales de mensaje variable, y señales de control a través de la red de comunicaciones digital. El circuito virtual tendrá la capacidad de establecer un enlace virtual basado en códigos de los destinos predefinidos para que el vínculo se establezca automáticamente a medida que los datos se han recibido.

El circuito virtual también se vincula a la actividad artesanal interfaz de conexiones de todo el equipo de comunicaciones en el centro de control de operaciones. Esto permitirá que el sistema de gestión de red pueda acceder a los equipos de apoyo, a los servicios de aprovisionamiento, mantenimiento, configuración, administración y supervisión de la ejecución de actividades.



## **2) INFORMACIÓN A ENTREGAR**

La información estática que entregan estos sistemas es:

- Obras en construcción a ser construidas, y actividades de mantención que puedan reducir la capacidad de flujo de tráfico de un camino o sección de camino; o que pueda impactar la frecuencia del servicio de transporte público.
- Eventos especiales que puedan generar aumentos significativos en el tráfico en un camino o en una sección de un camino.
- Instrucciones para llegar a destino.

La información dinámica o en tiempo real que usualmente se provee es:

- Condiciones de carreteras y vías asociada con retardos en el viaje, tales como congestión, ubicación de colas, y localización de incidentes.
- Potenciales rutas alternativas que puedan facilitar el viaje, particularmente en el evento de un cierre temporal de alguna pista o vía.
- Sugerencias ante condiciones climáticas adversas como nieve, hielo, niebla, que puedan impactar en el viaje.
- Estimación anticipada del tiempo de viaje a destino

- **Señales de mensaje dinámico.**- Orientado a informar a los usuarios sobre la velocidad de la ola verde y el grado de congestión de las calles. La señal de coordinación sirve para que los conductores ajusten su desplazamiento a la ola verde; así se evitan las detenciones frecuentes y ahorro de combustible.

Las señales de mensaje variable permitirá la visualización de texto, que consta de una cadena de caracteres alfanuméricos. Cada mensaje será formado por 35 puntos luminosos en una matriz de cinco columnas de siete filas. El punto luminoso constará de los extremos de dos haces de fibra óptica para las 18 pulgadas, caracteres y un haz de fibra óptica para los caracteres de 7,5 pulgadas. Un obturador controlado electromagnéticamente, mecanismo de apertura y clausura en el frente de fibra óptica de haces de luz para permitir el paso de los puntos luminosos.

El signo controlador se comunicará con el Centro de Control de Operaciones mediante un enlace proporcionado por la red de comunicación digital.

Las normas generales para esta clase de señales, indicadas por el MDUCT-DOT El (Manual de Dispositivos Uniformes de Control de Tránsito-USA) son:

- Las señales de mensajes variables no deberán tener otro propósito que el mostrar información restrictiva, de advertencia o de guía relacionada al flujo de tránsito.
- Las señales que usen palabras deberán contener mensajes tan cortos como sea posible y las letras deberán ser de un tamaño que permita su legibilidad a una distancia adecuada. Una razón específica es de 25 mm por cada 12 m de distancia de legibilidad.
- Las abreviaciones deben de ser mínimas e incluir sólo aquellas que no den lugar a confusión.
- Las señales sobre la carretera deberán usarse cuando se desee cierto control del uso de los carriles o cuando no haya espacio a los lados del camino.

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

- Las SMV deben de ser capaces de mostrar varios mensajes en secuencia. Tales mensajes podrán modificarse en forma manual, por control remoto o usando controles automáticos. Las SMV deberán mostrar sólo información de operación y guía del tránsito y nunca propaganda o publicidad.
  - Debido a que la tecnología de las señales de mensajes variables está cambiando todavía, los estándares para esta clase de señales no son todavía prácticos. Las consideraciones que influyen la selección de la mejor señal para una aplicación en particular incluyen su legibilidad, operación y mantenimiento.
  - Las señales de mensajes variables deberán usar letras mayúsculas y un tamaño de letra preferentemente de 450 mm y no inferior a 265 mm. Las señales deberán limitarse a no más de tres líneas y no más de 20 caracteres por línea.
  - No deberán usarse más de dos pantallas en un mensaje.
  - Cada pantalla debe transmitir una sola idea.
  - Debe de ser posible que el mensaje completo sea leído al menos dos veces por los conductores moviéndose a la velocidad límite indicada.
  - Los mensajes deberán estar centrados en cada línea de la pantalla. Si es posible ver más de dos señales al mismo tiempo, sólo una de ellas deberá contener un mensaje en secuencia en cualquier momento.
  - Una señal de mensajes variables de tres líneas deberá limitarse a no más de dos mensajes.
  - No deberán usarse técnicas para mostrar un mensaje como decolorado, explosión, disolución o mensajes en movimiento.
- **Radio aviso en la vía.**- nos proporcionará la información oportuna de la situación de la vía, este elemento de radio se puede trabajar en convenio con Radio Nacional (se encuentra en Av. Petit Thuars) para la transmisión de la información al viajero, así como con Televisión Nacional del Perú (canal 7) para la transmisión del estado del tránsito. Se realizará mediante boletines informativos de tráfico cada 5 minutos.
- **Internet / Teléfono.**- Implementar una página web en la que se publique permanentemente información actualizada de tránsito, esto es, cruces de la avenida Arequipa congestionados, vías alternativas, semáforos con fallas, eventuales accidentes u otros incidentes que afecten la circulación vehicular, desvíos de tránsito, cierre de calles. Así mismo como habilitar un número telefónico especial, cuyo objetivo sea la recepción y atención de llamadas telefónicas relacionadas con problemas de tránsito en la avenida Arequipa. Las mediciones de tránsito se conocerán cada 5 minutos, posibilitando el análisis y estimaciones de crecimiento de los flujos vehiculares. Esto basándonos en especificaciones de la unidad operativa de control de tránsito (UOCT) de Chile.

**6.3.2.2 Simulación de la estrategia**

Se realizó una simulación de la estrategia propuesta en el programa Synchro 6.0 considerando los parámetros de nivel de servicio, demoras en las intersecciones y la velocidad de circulación.

El primer escenario simulado fue con los datos obtenidos en campo visto en la estimación de la estrategia (ver página 116).

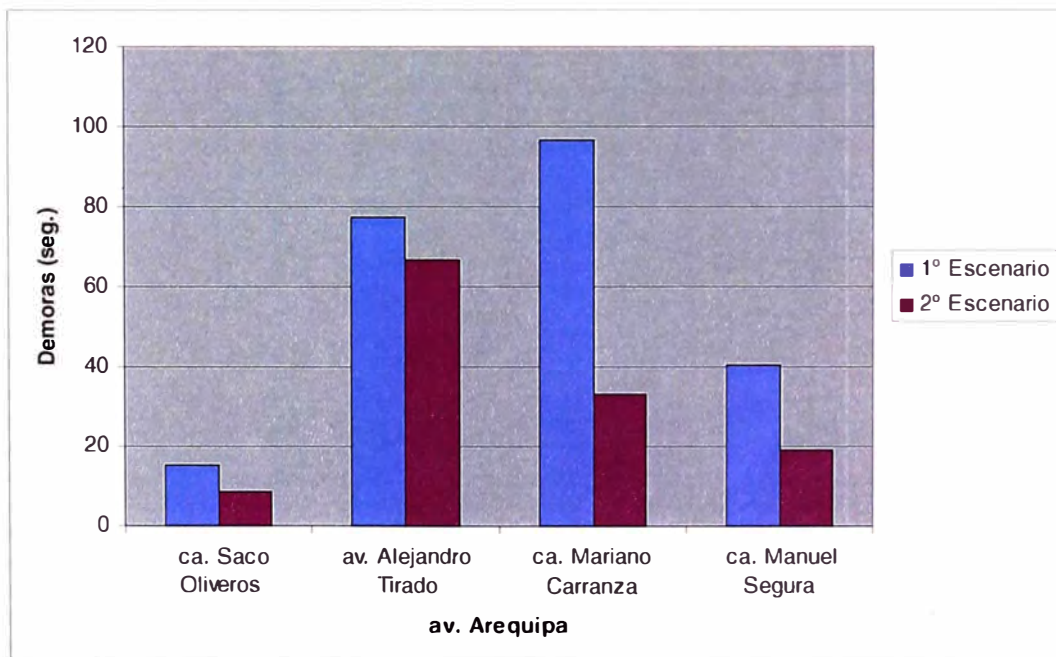
El segundo escenario simulado fue elaborado mejorando los tiempos de ciclo de los semáforos a 70s (ver página 143), realizando la respectiva sincronización y mejorando la velocidad de la vía en 45 km/h<sup>[62] [63]</sup> para olas verdes.

**Tabla 6-38 Demoras en Intersecciones – de la sincronización**

<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>1º Escenario</b>	<b>2º Escenario</b>	<b>% de Ahorro</b>
av. Arequipa - ca. Saco Oliveros	15.5"	8.4"	<b>46</b> %
av. Arequipa - av. Alejandro Tirado	77.6"	66.7"	<b>14</b> %
av. Arequipa - ca. Mariano Carranza	96.4"	33.3"	<b>65</b> %
av. Arequipa - ca. Manuel Segura	40.3"	19.1"	<b>81</b> %
<b>TOTAL</b>	<b>229.8"</b>	<b>127.5"</b>	<b>44</b> %

*Resultados del software Synchro,*

**Gráfico 6-13 Demoras en Intersecciones – de la sincronización**



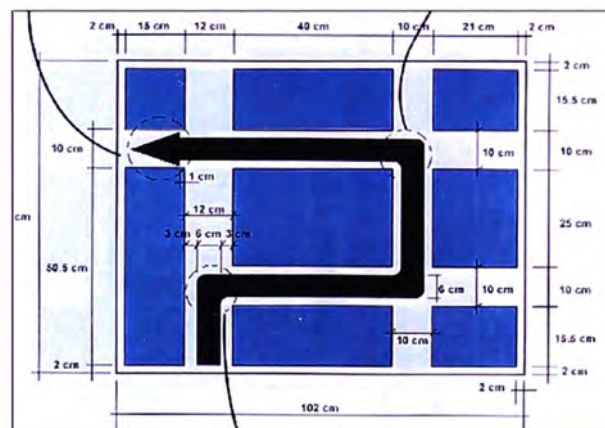
Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**Tabla 6-39 Nivel de Servicio – de la sincronización**

<i>INTERSECCIÓN</i>	<i>1º Escenario</i>	<i>2º Escenario</i>
av. Arequipa - ca. Saco Oliveros	B	A
av. Arequipa - av. Alejandro Tirado	E	E
av. Arequipa - ca. Mariano Carranza	F	C
av. Arequipa - ca. Manuel Segura	D	B

*Resultados del software Synchro*

El NS en la av. Arequipa en la intersección con av. Alejandro Tirado se mantiene debido al giro a la izquierda existente. Debido a que la av. Arequipa solo cuenta con dos carriles de circulación y mientras el carril izquierdo es ocupado por los vehículos que se disponen a girar sólo queda un solo carril para circular. Es por ello que se propone que estos vehículos ingresen por la ca. Enrique Villar hacia av. Petit Thouars y girar a la izquierda hacia av. Alejandro Tirado.



### **6.3.2.3 Resultados de la estrategia**

En el indicador de **congestionamiento** (movilidad) con la instalación de un centro de control se podrá proveer información en tiempo real a nivel de tráfico que tiene mejores resultados en comparación con tiempos de ciclo pre-fijados ya que las condiciones del tráfico son dinámicas y no estáticas. De acuerdo al modelo desarrollado se espera tener una reducción de hasta el 44% en demoras en la intersección en la av. Arequipa.

Así mismo, la incorporación de un centro de control de gestión de tránsito permitirá mantener el sistema monitoreado ante cualquier eventualidad, el mantenimiento del mismo en caso que no funcione algún equipo en las vías, un sistema de procesamiento de infracciones encargado de elaborar y procesar los informes sobre violaciones de los reglamentos existentes debido a las constantes infracciones sobre detenciones del transporte público (ver pág. 100) entre otras funciones descritas en el Centro de Control de gestión de tránsito.

En el indicador de **tiempo de viaje** la velocidad de circulación en la avenida Arequipa es muy baja de 20 km/h o menos, incluso llegando a 15.8km/h en la hora pico del medio día, hecho que incrementa los tiempos de viaje de la población.

Se propone un aumento de la velocidad a 45km/h (2º escenario), donde los vehículos deben mantenerse a esa velocidad para poder acoplarse a las olas verdes programadas en la sincronización. La coordinación de las señales se hará dinámicamente (automáticamente), usando sensores y CCTV para recolectar la información de los flujos de tráfico. La incorporación del centro de control que monitorea la av. Arequipa y que esta asociada con un centro de gestión de información de tránsito brindará hacia los conductores información sobre las condiciones de la av. Arequipa a través de señales de mensajes variable, por radio o vía página web implementados para este fin (ver pag.154).

En el indicador de **seguridad vial** se observó en la estimación de la estrategia que en la avenida Arequipa se concentra gran cantidad de flujos peatonales por el uso de suelo que tiene esta avenida donde se encuentran centros educativos, academias, institutos superiores, discotecas entre otros grandes centros atractores de viajes. De los datos de campo obtuvimos una intensidad de 2421 pt/h (40 peatones/min) en la intersección con la ca. Manuel Segura encontrándose en un nivel de servicio D. (tabla 6-24)

## **SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

Además se observó en campo que los peatones tienen un ancho de vereda entre 2 y 2,7 m. en algunos casos y teniendo un ancho efectivo sólo de 1,60 o menos, porque se le resta postes, kiokos que se encuentran en las intersecciones y a lo largo de la vía dificultando su libre tránsito siendo motivo por el cual muchos de los peatones utilizan la ciclovia como pase peatonal (Fotografía 6-2, 6-16).

Del conteo de ciclistas se obtuvo que sólo la utilizan un total de 27 ciclistas, del cual la mayoría van del Sur hacia el Norte, considerando esta cantidad baja para la ciclovia, puesto que no brinda las condiciones necesarias de seguridad para el ciclista ya que al llegar a cada intersección el ciclista se expone a un accidente por lo giras a la izquierda de los vehículos. (Tabla 6-26, 6-27)

Los accidentes de tránsito en la avenida Arequipa se obtuvieron de la comisaría de Petit Thouars de los cuales se registran en el año 2005, 2006 y 2007 una cantidad de 62, 73 y 71 accidentes, de los cuales más del 60% son choques, un 27% atropellos y un 7% caída del pasajero. (tabla 6-30)

Por lo analizado se propone la ampliación de la vereda para la canalización del tránsito peatonal como mínimo 2 mt. de ancho efectivo<sup>162</sup> <sup>163</sup>, así como una debida semaforización peatonal de 15seg. de acuerdo a los datos tomados en campo, así como una debida señalización horizontal y vertical para que el peatón sienta seguro, el ancho del paso peatonal tipo cebra será de 5 m. por el alto volumen peatonal de las intersecciones. El tipo de semáforo propuesto es con un contador regresivo por ser cruces amplios.

En el indicador de **contaminación**, los niveles de contaminación en el área de estudio están sobre los estándares de calidad del aire en el Perú, establecidos por D.S. N.º 074-200, en junio del 2001. De acuerdo a este decreto supremo el límite máximo permisible ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) para PM10 es  $70 \text{ mg}/\text{m}^3$ , pero en el análisis se obtuvo hasta  $86.9 \text{ mg}/\text{m}^3$ <sup>163</sup>

Por ello se propone se propone la instalación de un sistema de monitoreo atmosférico que integra el sistema de gestión de transporte SIT para fortalecer la red de DIGESA.

Posteriormente se podría adecuar un sistema de transporte público de buses con prioridad.

### **6.3.3 Ejecución de la estrategia de gestión**

Para la implementación y ejecución de la estrategia de gestión de transporte corresponde a las autoridades como: Ministerio de Transporte (MTC), Ministerio de Salud (MINSA), Ministerio del Interior (MININ), Ministerio de Educación (MINEDU), Cuerpo General de Bomberos, INDECOPI, Municipalidad Provincial y Distrital.

### **6.3.4 Evaluación de la estrategia de gestión**

Se realizará al año de la implementación de las tecnologías descritas anteriormente y se comparará con los datos de línea base.

## **6.4 CONCLUSIONES**

De acuerdo a los datos obtenidos en el campo los niveles de servicio de la av. Arequipa son distintos en cada intersección llegando a un nivel de servicio F y esto se da principalmente por la descoordinación de los semáforos y los excesivos tiempos de ciclo en las intersecciones.

Las demoras en las intersecciones de la av. Arequipa esta relacionada al transporte público por utilizar la vía para estacionarse en cualquier lugar, esta información es corroborada con las papeletas de infracción registras en el año 2007 por el Servicio de Administración Tributaria (SAT).

Según los datos obtenidos de la comisaría de Petit Thouars nos muestra que las principales causas por tipo de accidentes son por choque y atropello. (Ver Anexo I) De estos datos se muestra un aumento en los accidentes entre el 2005 y 2006; pero para el 2006 – 2007 se mantienen.

La velocidad de circulación es de 20km/h, en la av. Arequipa generando mayores tiempos de viaje para los usuarios de esta vía. Los niveles de contaminación en PM<sub>10</sub> y PM<sub>25</sub> se encuentran ampliamente sobre los límites permisibles según el D.S. 074-2001-PCM.

## **CONCLUSIONES**

- De acuerdo al análisis situacional de las vías en la ciudad de Lima, tomando en consideración diversos factores como los niveles de congestión representados por el nivel de servicio, las bajas velocidades, los accidentes de tránsito y los índices de contaminación, se determinó realizar como caso de estudio a la Av. Arequipa por considerarla dentro de estos factores una de las más críticas.
- Los tiempos de ciclos actuales de los semáforos generan muchas demoras en las intersecciones los cuales han sido optimizados en el presente proyecto a 70'' con sistema sincronizado Olas Verdes, las cuales serán en 4 tramos para la mejor administración del sistema en la avenida Arequipa con una velocidad de 45km/h y esto reducirá la velocidad de viaje en un 18% luego de la evaluación respectiva.
- La reducción de los tiempos de ciclo de 108'' a 70'' disminuirá los tiempos de demora en la intersección hasta en un 44%, y mejorará los niveles de servicio F a un C en algunas intersecciones. Logrando con ello optimizar la capacidad de utilización de la infraestructura existente, con el uso de tecnología moderna SIT.
- La seguridad peatonal será mejorada con la semaforización peatonal propuesta, que irá de la mano con la debida ampliación de la vereda para que los usuarios tengan el espacio necesario para circular y eviten circular por la ciclovia.
- La ubicación de los sensores en la vía nos permitirá tener información en tiempo real de la situación de la vía para poder optimizar los tiempos de ciclo y la debida sincronización. Con ello superaremos las demoras en intersecciones causadas por los semáforos de planes fijos y las detenciones del transporte público serán detectadas por el monitoreo electrónico que tendrá el sistema de gestión –SIT propuesto.
- La implementación de un sistema de control de tránsito procesará la información recolectada por los equipos en vías para mantener el sistema de semáforos, el monitoreo de los vehículos, control de velocidades, emisiones de contaminantes, planes de contingencia en caso de una emergencia, mantenimiento de los equipos, para luego ser transmitido a los usuarios a través de los sistemas de información al usuario.



## ***SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA***

- Los sistemas de información al usuario serán a través de señales de mensaje variable, radio, tv, web y tecnología celular.
- Con la implementación del sistema de gestión de transporte propuesto se estima que se reducirá en un 22% los niveles de contaminación y esto será evaluado al año de la implementación a través de los resultados obtenidos del monitoreo ambiental que se incluyó para reforzar la red de DIGESA.
- Es importante y necesaria la definición de una arquitectura nacional, regional, provincial y distrital SIT, la cual no solo garantizará el intercambio de información y de interoperabilidad entre ellos, sino que protegerá la inversión de este sistema. Asimismo, en la elección de las tecnologías a adoptar se propone favorecer a las tecnologías abiertas (software y hardware)

## **RECOMENDACIONES**

- Instalar un sistema de transporte inteligente (SIT) – Gestión del tránsito Integral a nivel de ciudad en Lima dentro de la cual debe formar parte la avenida Arequipa.
- La sincronización de los semáforos con olas verdes para que los vehículos se mantengan a una velocidad de 45km/h en la sincronización. La coordinación de las señales se hará dinámicamente (automáticamente), usando sensores y CCTV para recolectar la información de los flujos de tráfico.
- La implementación de un sistema de infracciones que será monitoreado por el centro de control de tránsito, que ayudará a superar y controlar a los infractores del reglamento de tránsito.
- La ampliación de la vereda para la canalización del tránsito peatonal como mínimo 2 mt. de ancho efectivo<sup>621</sup>, así como una debida semaforización peatonal de 15seg. de acuerdo a los datos tomados en campo, así como una debida señalización horizontal y vertical para que el peatón sienta seguro, el ancho del paso peatonal tipo cebrá será de 5 m. por el alto volumen peatonal de las intersecciones. El tipo de semáforo propuesto es con un contador regresivo por ser cruces amplios
- La instalación de un sistema de monitoreo atmosférico que integra el sistema de gestión de transporte SIT para fortalecer la red de DIGESA.
- La creación de una página web en la que se publique permanentemente información actualizada de tránsito, congestión en la calle, vías alternas, semáforos con fallas, eventuales accidentes u otros incidentes que afectan la circulación vehicular, desvíos de tránsito, cierre de calles, así como las imágenes de las cámaras de televisión refrescadas cada minuto.
- La habilitación de una central telefónica especial, cuyo objetivo sea la percepción y atención de llamadas telefónicas relacionadas con problemas de tránsito en la ciudad.

## ***SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA***

- La creación de una oficina de control de tránsito, que tenga bajo responsabilidad las tareas de autorización, supervisión de nuevas instalaciones de semáforos y todas aquellas relacionadas con la gestión de los sistemas de control en los proyectos de mejoramiento de la infraestructura vial urbana incluyendo la puesta en marcha de la programación y control del tráfico.
- El sistema de gestión de transporte debe contar con estructuras de datos compatibles entre los diferentes sistemas que componen un sistema de gestión, y que sean manejados por administradores de bases de datos estándares.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] Secretaria Técnica del Consejo de Transporte de Lima y Callao, Estudio de Accidentes de Tránsito de las 27 comisarías de Lima y Callao, Enero 2007-PERU
- [2] Juan José Miranda, Instituto de Estudios Peruanos (IEP) - Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES), Impacto económico en la salud por contaminación del aire en Lima Metropolitana, Setiembre 2006, PERU.
- [3] Comité de Gestión Iniciativa Aire limpio Lima y Callao, Primer Plan Integral de Saneamiento Atmosférico para Lima y Callao PISA L-C 2005-2010, Noviembre 2004, PERU
- [4] Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Informe Técnico N° 05 Estadísticas Ambientales, Mayo 2005 - PERU
- [5] Ing. José Silva, Ing. Zarela Montoya, SO1 FAP Rigoberto Durand, Evaluación de la Contaminación Atmosférica en la zona metropolitana de Lima – Callao, Junio 2008, SENAMHI - PERU
- [6] I Seminario sobre Nuevas Tecnologías Aplicadas a los Sistemas de Gestión de Tráfico en el Marco ITS, Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI) y la Asociación Española de la Carretera (AEC) Santa Cruz de la Sierra – BOLIVIA, 13 al 17 de Marzo del 2006
- [7] CITE, Consortium for ITS Training and Education, Consorcio para la Capacitación y Educación sobre Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), Introducción a los Sistemas de Transporte Inteligente EE.UU, Julio 2007
- [8] Dr. Arturo de la Escalera, Universidad Carlos III de Madrid, Sistemas de Transportes Inteligentes ESPAÑA - 2004
- [9] SECTRA, Secretaría Interministerial de Planificación de Transporte. Aspectos Generales y Metodológicos Específicos de Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS). CHILE (Setiembre 2000).
- [10] Federal Highway Administration, Development of Human Factors Guidelines for Advanced Traveler Information Systems and Commercial Vehicle Operations: Literature Review, Publication No. FHWA-RD-95-153, 1996 - EE.UU
- [11] John C. Miles, PIARC – Intelligent Transport System Handbook, 2004- 2da Edición
- [12] Municipalidad de Córdoba, Centro de Control de Tránsito Argentina, 2008.  
[http://www.cordoba2006.gov.ar/cordobaciudad/principal2/default.asp?ir=15\\_12](http://www.cordoba2006.gov.ar/cordobaciudad/principal2/default.asp?ir=15_12)
- [13] Corporación JICA, Plan Maestro de Transporte Urbano para la Ciudad de Lima, PERÚ 2004
- [14] CITE, Consortium for ITS Training and Education. Consorcio para la Capacitación y Educación sobre Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), Gestión del Transporte EE.UU. (Julio 2007).

- [15] CITE, Consortium for ITS Training and Education, Consorcio para la Capacitación y Educación sobre Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), Herramientas de los Sistemas ATMS EE.UU.(Julio 2007).
- [16] Secretaria Interministerial de Planificación del Transporte, "Sistema de Transporte Inteligente ITS" CHILE, 2006
- [17] National Transportation Operations Coalition, The National Traffic Signal Report Card: Technical Report, Washington, DC: 2005, p. 17. Report: [www.ite.org/reportcard/NTS\\_TechReport.pdf](http://www.ite.org/reportcard/NTS_TechReport.pdf)
- [18] Sunkari. S., "Benefits of Retiming Traffic Signals: A Reference for Practitioners and Decision Makers About the Benefits of Traffic Signal Retiming," presentation to the Institute of Transportation Engineers 2005 Annual Meeting and Exhibit, Melbourne, Australia, August 7-10, 2005.
- [19] New York State Department of Transportation, Syracuse Signal Interconnect Project: Before and After Analysis Final Report, Syracuse, NY: September 2003. ITS Benefits Database Entry
- [20] Turner-Fairbank Highway Research Center, Adaptive Control Software, Turner-Fairbank Highway Research Center Report No. HRTS-04-037, Washington, DC: December 2003. Abdel-Rahim, A., et al., "The Impact of SCATS on Travel Time and Delay," paper presented at the 8th ITS America Annual Meeting, Detroit Michigan, May 4-7, 1998. ITS Benefits Database
- [21] Skabardonis, A., "ITS Benefits: The Case of Traffic Signal Control Systems," presentation to the 80th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC, January 7-11, 2001. ITS Benefits Database Entry:
- [22] Sunkari. S., "Benefits of Retiming Traffic Signals: A Reference for Practitioners and Decision Makers About the Benefits of Traffic Signal Retiming," presentation to the Institute of Transportation Engineers 2005 Annual Meeting and Exhibit, Melbourne, Australia, August 7-10, 2005; also, Sunkari, S., "The Benefits of Retiming Traffic Signals," ITE Journal, April 2004. ITS
- [23] Sunkari, Srinivasa, P.E., The Benefits of Retiming Traffic Signals Published By: ITE Journal - April 2004
- [24] Authorities: Hampshire, Southampton y Portsmouthn, ROMANSE Project, disponible en <http://www.romanse.org.uk/about.htm>, 2007
- [25] Consorcio *Houston TransStar*, Reporte Anual Houston TransStar , EE.UU-2005

- [26] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, Unidad Operativa del Control de Tránsito (UOCT), disponible en la web [http://www.uoct.cl/uoct/que\\_es/que\\_es.htm](http://www.uoct.cl/uoct/que_es/que_es.htm), CHILE 2007
- [27] Municipalidad de Rosario, Centro de Control de Tránsito, disponible en la web [http://www.rosario.gov.ar/sitio/servicios/transito/control\\_transito.jsp](http://www.rosario.gov.ar/sitio/servicios/transito/control_transito.jsp), ARGENTINA 2008
- [28] Empresa Administradora de Peajes (EMAPE) – Municipalidad Provincial de Lima, Una Vía Inteligente para Lima (recurso electrónico CD), 2006
- [29] Informe Técnico “Evaluación de la Mejora del Servicio en la Vía Expresa Grau” Municipalidad Metropolitana de Lima – Gerencia de Transporte Urbano- PERU 2007
- [30] Vera & Moreno S.A, Municipalidad Metropolitana de Lima – Gerencia de Transporte Urbano, Estudio de Tránsito Remodelación y Rehabilitación de las avenidas Arenales, Arequipa y Petit Thouars, PERU-2005
- [31] Informe Técnico Evaluación de Tránsito y Seguridad Vial en la intersección avenidas Tomás Marsano – Caminos del Inca en el distrito de Santiago de Surco, Consejo de Transporte de Lima y Callao, PERU – 2007.
- [32] Jorge A. Acha Daza, Secretaría de Comunicaciones y Transporte, Instituto Mexicano del Transporte, Señales de mensaje variable para el control de tránsito vehicular, MÉXICO-2002.
- [33] Manual on Uniform Traffic Control Devices( MUTCD) for Streets and Highways, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, 2003 Edition (Including Revision 1 dated November 2004 and Revision 2 dated December 2007)
- [34] Duff J.T., Accomplishments in freeway operations outside the United States. Highway Research Record, EE.UU - 1971
- [35] Erke, H and W. Gottlieb. Psychologische Untersuchung der Wirksamkeit von Wechselverkehrszeichenanlage. Verfahren für die zentrale Dokumentation der wegweisenden Beschilderung an Autobahnen. Heft 289. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Strassenbau, Bonn-Bad Godesbers. ALEMANIA – 1980.
- [36] Helliard-Symons, R . D. and S. D. Ray. Automatic close-following warning sign – further trials. Research Report 63. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire. Gran Bretaña – 1986
- [37] Rune Elvik, Institute of Transport Economics, The Handbook of Road Safety Measures, Oslo Norway – 2004.
- [38] Belcher, P. and I. Catling. Electronic route guidance by AUTOGUIDE: the London demonstration. Traffic Engineering and Control, LONDON -1987.
- [39] Stoneman, B. The effects of dynamic route guidance in London. Research Report 348. Transport Research laboratory, Crowthorne, Berkshire LONDON - 1992.

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

- [40] Maher, M. J. et al Accident- and travel time-minimising routeing patterns in congested networks. Traffic Engineering and Control, 1993.
- [41] Kawashima, H, Present status of Japanese research programmes on vehicle information and intelligent vehicle systems. Invited paper presented at DRIVE-conference, February 4-6, Brussels 1991.
- [42] Larsen, O. I. Fordeler ved forsert utbygging av hovedveger og kollektivsystem í Oslo og Akershus. Arbeidsdokumenat (prosjekt E-306 GN generelt).Transportokonomisk institutt, Oslo (1985).
- [43] Blakstad, F. Trafikkteknikk. Tredje utgave. Tapir forlag, Trondheim, (1988).
- [44] Schlabbach, K. et al. Vorher-Nachheruntersuchung verkehrabhängig betriebener Knotenpunkte in Darmstadt. Strassenverkehrstechnik, ALEMANIA - 1984.
- [45] Senneset G. and E. Skjetne. Samkjorte signalanlegg. Oppdragsrapport 66. Norges Tekniske Hogskole, Forskningsgruppen, Institutt for samferdselsteknikk, Trondheim, NORWAY -1982.
- [46] Elvik, R. Enhetskostnader for veg- og trafikketekniske tiltak. Arbeidsdokument TST/O722/96. Transportokonomisk institutt, Oslo - 1996.
- [47] Ing. Ronny Sotomayor. IV Congreso de Infraestructura Vial. Propuesta Tecnológica de Transporte Público para la Avenida Arequipa. PERU (Setiembre 2005)
- [48] ALG. INOCSA - Municipalidad Metropolitana de Lima (Gerencia de Transporte Urbano). Estudio de Corredores Complementarios, PERU
- [49] Consultora Paid Asociados. Municipalidad Metropolitana de Lima - Gerencia de Transporte Urbano. Proyecto de Ingeniería de Gestión de Tránsito de las Av. Arenales, Av. Arequipa y Pettit Thuars, PERU, 2005.
- [50] Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones de Chile, Síntesis ejecutiva – N° 19- Programa sistema de control de área de tráfico para Santiago (SCAT), CHILE 2000
- [51] FONAM - Grupo Apoyo, Conocimientos, prácticas y actitudes (CAP) sobre la bicicleta. Análisis Integral General. (Entrevistas en profundidad ) PERU - Julio del 2002
- [52] Ing. Gonzalo A. Ramírez Vélez, Universidad Nacional de Ingeniería. “Análisis para la determinación el nivel de servicio y demora en intersecciones viales semaforizadas” PERÚ 2004.
- [53] Ing. Juan Carlos Dextre, Pontificia Universidad Católica del Perú. Curso de Ingeniería de Tráfico – Gestión de Tránsito, PERU, 2001
- [54] Ing. Jorge A. Timaná Rojas. Diseño de Intersecciones, Universidad de Piura – Programa Master en Ingeniería Civil, PERU

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

- [55] Institute of Transportation Engineers Educational Foundation Inc., Intervalos de Despeje de Semáforos – (recurso electrónico), EE.UU. (Febrero 2004 ).
- [56] Consejo Departamental de Lima, Colegio de Ingenieros del Perú, Capitulo de Ingeniería Civil, Programa de Actualización de Ingeniería de Transito, PERU1992-1993
- [57] Cal y Mayor, Rafael. Ingeniería de tránsito fundamento y aplicaciones - 7ma Edición Ed. Alfa Omega, México.
- [58] Asociación técnica de carreteras comité español de la A.I.P.C.R. Manual de Capacidad de Carreteras ESPAÑA - Madrid, 1995
- [59] Transportation Research Board National Research Council, Highway Capacity Manual EE.UU. - Washington DC 2000
- [60] Federal Highway Administration, Institute of Transportation Engineers (ITE). Making Intersections Safer : A toolbox of Engineering countermeasures to reduce red-light running. EE.UU. - Washington, 2003.
- [61] Ing. José Jalle Alari, Ing. Julio García Ramón. Los Semáforos y el control dinámico del tránsito. México, 1976
- [62] Dr. Ing. José Carlos Matías León, Diseño de Proyectos Viales, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil- Sección de Posgrado, LIMA-2004.
- [63] RILSA, Richtlinien for Lichtsignalanlagen, Manual para diseño de señales y semáforos, ALEMANIA1991
- [64] DIGESA, Programa de vigilancia de la calidad del aire de Lima y Callao, 2007
- [65] DIGESA –Dirección General de Salud Ambiental, “Modelo IPIECA” (International Petroleum Industry Association).
- [66] Revista SECTRA, 2000, disponible en: <http://www.sectra.cl/its/introduccion.htm>
- [67] Sunkari, S., “The Benefits of Retiming Traffic Signals,” ITE Journal, April 2004. ITS Benefits Database Entry:
- [68] Vías congestionadas, fotografía disponible via pagina web : <http://img198.imageshack.us/img198/7172/congestinenlimasf2.jpg>, 2008
- [69] Asociación Automotriz del Perú S.A.-AAP, Automás, OGPP – Oficina de estadística –MTC “Estadísticas de la importación de vehículos automotores 1999-2007”.
- [70] FHWA, Telecommunications Handbook for Transportation Professionals: The Basics of Telecommunications, 2005
- [71] Gestión del tráfico SCOOT, Inglaterra – 2008, fotografía de cruces inteligentes en el mundo, disponible vía página web :<http://www.scoot-utc.com/CurrentResearch.php?menu=Versions>



## **ANEXOS**

### **A. CATEGORÍAS DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE**

#### **I. Sistemas Avanzados de Información al Viajero (ATIS)**

Los Sistemas Avanzados de Información al Viajero proveen información precisa sobre condiciones de tránsito, horarios, tarifa, reservación, y condiciones climáticas.

De esta manera se brinda al viajero la oportunidad de hacer decisiones informadas en cuanto a dónde ir, cuándo ir, qué forma de transporte usar, qué ruta tomar, y cuánto presupuestar.

#### **Elementos Funcionales:**

Los Sistemas Avanzados de Información al Viajero se basan en los siguientes elementos funcionales específicos:

- Datos en tiempo real sobre la condición de la vía provistos por sensores en la superficie del pavimento, televisión de circuito cerrado (CCTV), y tecnologías relacionadas.
- Datos en tiempo real sobre las condiciones de tráfico provistos por cámaras de vigilancia (Ej. CCTV, tecnología de máquinas de visión, etc). imagen satelital, vehículos probeta, etc.
- Distribución de información en tiempo real sobre las condiciones de la vía, tráfico y clima a través de radio aviso de carreteras (HAR) , televisión por cable (CATV), instrumentos personales de comunicación (teléfono celular) puestos de información, y señales de mensajes variables (VMS)
- Sistemas de navegación dentro del vehículo y guía en ruta provista a través de la interfase de mapas electrónicos (Ej. mapas digitales desde los sistemas de información geográfica (GIS), sistemas de posicionamiento global (GPS) o tecnologías relacionadas (Ej. Señales de radio en tierra), tecnologías de localización en mapas, y algoritmos de itinerarios.
- Servicios de información relacionada al viaje (Ej. Ubicación de estaciones de gasolina, hoteles, parqueo y estaciones de transporte público) provistos por páginas amarillas electrónicas.

## **2. Sistemas Avanzados de Gestión del Transporte (ATMS)**

Los Sistemas Avanzados de Gestión de Tránsito incluyen el uso de tecnologías de vigilancia y patrullaje tales como los instrumentos de visión electrónica, sensores y circuito cerrado de televisión (CCTV); y sistemas avanzados de comunicación tales como las Señales de Mensajes Variables (VMS - Variable Message Signs), Radio Aviso de Carreteras (HAR - Highway Advisory Radio), e instrumentos de comunicación personal.

### **Elementos Funcionales:**

- Facilitan la detección oportuna (Ej.: tiempo real) de los incidentes en las carreteras y proveen advertencias a los motoristas o redirigen el tráfico en forma dinámica mediante el uso de señales de mensajes variables, radio aviso de carreteras y tecnologías de navegación dentro del vehículo. De esta manera permiten que los vehículos eviten las áreas congestionadas de la red de carreteras.
- Implementando sistemas de sincronización de semáforos que sean adaptables de tal manera que minimicen el número de detenciones y, por lo tanto, las demoras sobre las vías arteriales.
- Proveyendo señales con derecho de prioridad para vehículos autorizados (Ej.: vehículos de emergencias) para evitar posibles conflictos con otro tráfico en las intersecciones de las carreteras.
- Implementando un esquema de medición de rampas de acceso efectivo (esquema de rampas con medidor) para minimizar la interferencia en la vía principal de autopista.
- Implementando un sistema de cobro electrónico de peaje (ETC - Electronic Toll Collection) que involucre el uso de transpondadores.
- Implementando centros de control de tráfico multi-jurisdiccionales para resolver las cuestiones de operación de tráfico regional.
- Integrando y optimizando las operaciones de sistemas de transporte multi-modal (por ejemplo los vehículos de pasajeros, camiones, trenes y autobuses).
- Brindando sistemas de vigilancia y detección que permitan disminuir el mal uso de los carriles designados para Vehículos con Alta Ocupación de Pasajeros (HOV - High Occupancy Vehicle).

- Usando sensores electrónicos (Ej.: cámaras de visión mecánica), que incluyan instalaciones y mantenimientos menos intrusivos que los tradicionales detectores inductivos en pavimento; de lo que se habla es de mecanismos tales como los detectores de presencia vehicular e incidentes.
- Usando sensores electrónicos como los que se han definido anteriormente para identificar los espacios de estacionamiento disponibles como forma de optimizar las operaciones de estacionamiento.

### **3. Sistemas Avanzados de Transporte Público (APTS)**

Los Sistemas Avanzados de Transporte Público se encargan de las necesidades de transporte de las personas que no conducen vehículos como auxiliar a los servicios otorgados por los Sistemas Avanzados de Información al Viajero y los Sistemas Avanzados de Gestión de Tránsito para simplificar las operaciones de tránsito de recorridos fijos, sistemas paralelos de transporte de pasajeros que operan en respuesta a la demanda, y otras modalidades de alta ocupación de pasajeros (minibús o uso compartido de vehículos privados).

#### **Elementos Funcionales:**

Los Sistemas Avanzados de Transporte Público están compuestos de los siguientes elementos funcionales específicos:

- Control en tiempo real de las unidades de transporte público (Ej. Localización Automática de Vehículos (AVL – Automatic Vehicle Localization) a través de la combinación de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS – Global Positioning System) con tecnologías de Sistemas de Información Geográfica (GIS – Geographic Information Systems).
- Recorridos en tiempo real de los vehículos de transporte público y programación horaria del servicio.
- Control automatizado del historial de mantenimiento del vehículo.
- Acceso remoto a los horarios y tarifas del transporte público a través de puestos de información, televisión, e instrumentos de comunicación personal así como también señales de mensajes variables.
- Vigilancia de las instalaciones para el transporte público (Ej. Carriles especiales para vehículos de alta ocupación de pasajeros y las estaciones de transporte público) mediante circuito cerrado de televisión infrarrojo destinado a mantener la seguridad y detectar actividades ilegales.

- Señales semaforizadas con derecho a prioridad: sincronización de semáforos con derecho de paso a los vehículos de transporte público en ciertas intersecciones señalizadas con el fin de reducir el tiempo de viaje.

#### **4. Operaciones de Vehículos Comerciales (CVO)**

El objetivo primario de los Sistemas de Operación de Vehículos Comerciales es aumentar la productividad y la seguridad en la industria de transporte pesado facilitando los procesos de obtención de licencias, registros, marcos regulatorios, impositivos, y los procesos de entrega de carga.

La Operación de Vehículos Comerciales integra la mayoría de estos procesos en una simple actividad conocida en inglés como "estación única de servicios múltiples."

##### **Elementos Funcionales:**

- Pesaje de vehículo en movimiento, donde los vehículos comerciales son pesados y clasificados sin necesidad de ser detenido, mediante el uso de sensores incorporados al pavimento.
- Permisos y registros automatizados a través de un sistema centralizado al que personal autorizado puede acceder remotamente; esto permite que durante el recorrido las autoridades encargadas de hacer cumplir la ley lo realizan con la mínima detención del vehículo comercial cuando cruza de un estado a otro (fenómeno conocido como "frontera transparente")
- Seguimiento automático de vehículos comerciales, de carga y/o pasajeros mediante la utilización de tecnologías de localización automática de vehículos y de código de barras.
- Itinerario y programación horaria en tiempo real de los vehículos para lograr descargas precisas y puntuales de cargamentos de pasajeros.
- Seguimiento automatizado del historial de mantenimiento del vehículo.
- Control de la fatiga del conductor utilizando sensores dentro del vehículo que controlen el movimiento del ojo y la trayectoria del vehículo.

#### **5. Sistemas Avanzados de Control Vehicular (AVCS)**

Los Sistemas Avanzados de Control de Vehículos (AVCS - Advanced Vehicle Control Systems) abarcan todos aquellos elementos tecnológicos basados en el vehículo, destinados a proveer un ambiente de conducción mas seguro, eficiente y confortable.

Estos sistemas son un componente integral de los sistemas automatizados de carretera (AHS - Automated Highway Systems), los cuales serán discutidos más adelante.

**Elementos Funcionales:**

- Dispositivos de alarma de colisión lateral y longitudinal que alertan al conductor cuando una colisión es inminente o cuando hay vehículos presentes en las áreas sin visibilidad del conductor.
- Dispositivos infrarrojos de visión nocturna que proveen al conductor una visión clara de la carretera ante la ausencia de luz apropiada (Ej. Por la noche y en inclemencias del tiempo).
- Controles de cruceo adaptables y sistemas de bloqueo automático (incluyendo control automático de tracción, frenado antibloqueo, y dispositivos de navegación dentro del vehículo).
- Dispositivos de control de fatiga del conductor (Ej. Sensores dentro del vehículo que controlan el movimiento del ojo y la trayectoria del vehículo y exposición a nivel del ojo de los datos de navegación).
- Tecnologías de propulsión automática que permiten movilizar al vehículo con un mínimo de intervención humana.

**6. Sistemas Avanzados de Transporte Rural (ARTS)**

Los Sistemas Avanzados de Transporte Rural (ARTS - Advanced Rural Transportation Systems) incluyen la aplicación de elementos tecnológicos SIT, particularmente elementos de los Sistemas Avanzados de Información al Viajero y de los Sistemas Avanzados de Transporte Público, en ambientes rurales. Las principales áreas de aplicación reflejan la naturaleza aislada del ambiente rural.

**Elementos Funcionales:**

- Servicios S.O.S. para incidentes en carreteras rurales desoladas
- Viaje compartido dinámico para servir a los residentes rurales ubicados en forma dispersa en el área rural.
- Información de turismo y condiciones del tiempo.

## **B. SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA VIA**

### **Técnicas para la estimación del estado del sistema**

#### **Vehículos Probeta**

El uso de vehículos probeta permite la estimación de flujo de tráfico, tiempo de viaje, y densidad en los enlaces del sistema de autopista. Este es un método práctico en áreas en donde existen sistemas electrónicos de pago de peaje y donde se usan extensivamente los transpondadores. Se ubican lectores de etiquetas a lo largo de todo el sistema para identificar a los vehículos a medida que se trasladan por el mismo. A medida que el porcentaje de vehículos que se pueden utilizar como probetas aumenta, se mejora la precisión de estimación de las condiciones del sistema.

#### **Informes**

Hay otras numerosas fuentes de información significativas, para los sistemas de gestión de las vías como los informes de incidentes dados por los ciudadanos, la policía o los medios de comunicación masiva.

Estos difieren de los sensores de datos en que no proveen un flujo continuo de muestras sobre las condiciones del tráfico. Existe una amplia variedad de fuentes de datos que ayudan a la estimación del estado del sistema..

Se han desarrollado varios métodos de descripción y análisis de datos. Dos métodos comunes son los mapas descriptivos de las condiciones del sistema y algoritmos de detección de los incidentes.

#### **Algoritmos de detección de incidentes**

Se han propuesto y utilizado diferentes métodos para identificar a los posibles incidentes. Generalmente, nos referimos a estos métodos como "algoritmos para la detección de incidentes".

Los algoritmos intentan pronosticar que condiciones deberían darse en qué localización en un tiempo determinado. Los métodos de pronóstico varían considerablemente, desde la consideración de detectores ubicados en la misma dirección de la carretera, hasta el uso de modelos estadísticos de series de tiempo.

El problema fundamental con los algoritmos de detección de incidentes se presenta al tener que "sintonizar" el algoritmo para identificar los incidentes potenciales rápidamente pero sin generar demasiadas falsas alarmas. En general, mientras más sensible un algoritmo sea, genera más falsas alarmas.

## **Determinación de la estrategia de gestión**

### **Asignación dinámica de tráfico**

Un área de investigación activa en la determinación de estrategias de gestión de autopistas es lo que se conoce como asignación dinámica de tráfico (DTA – Dynamic Traffic Assignment). La asignación dinámica de tráfico continuamente intenta identificar la asignación óptima de vehículos (usualmente en cuanto a minimizar las demoras del sistema en general) a las secciones del sistema de transporte.

Este proceso requiere el uso de sistemas de computación, ya que implica la estimación de matrices origen/destino, asignaciones de tráfico, etc; todo en “tiempo real”. El concepto detrás de la asignación dinámica de tráfico es intentar activamente coordinar al detalle la distribución del tráfico en todo el sistema de transporte, mas que tratar de solo responder rápidamente cuando algo falla (como un incidente, por ejemplo).

### **Medición de rampas**

Regulan el número de vehículos que entran a la vía, asegurándose que la demanda no exceda la capacidad de la autopista. Así es que, los vehículos que deseen entrar en la autopista por momentos tienen que esperar en filas sobre las rampas.

**C. ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN AV. LA MARINA**

Según estadísticas de la Comisaría de la Perla, se realizó un investigación de los accidentes de tránsito ocurridos en el año 2007 y 2008 (abril); para analizar la eficiencia de dichos elementos reductores de velocidad que fueron implementados en el año 2007 y estos fueron los resultados

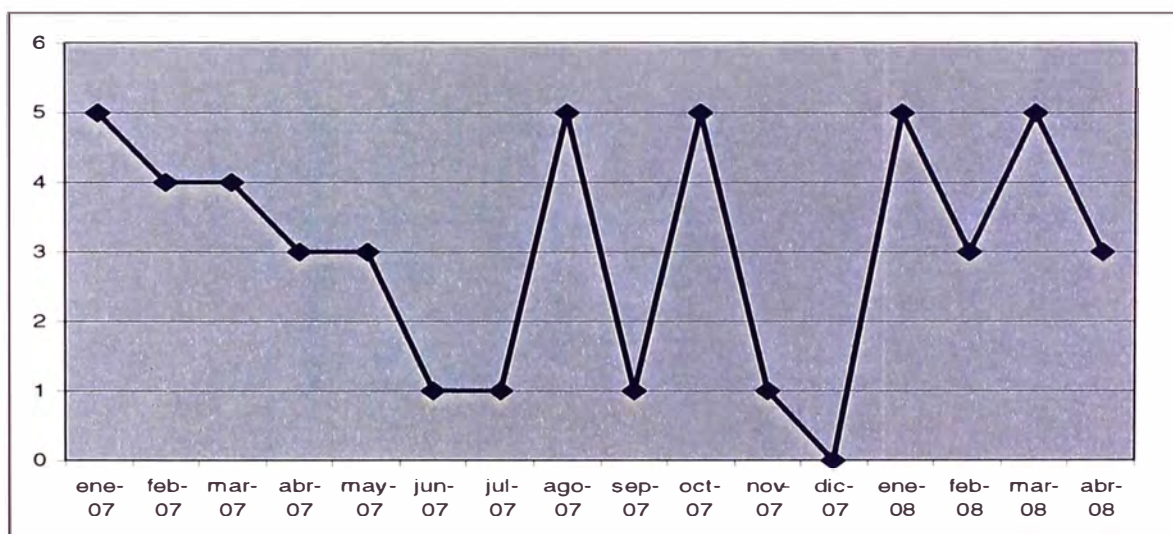
**Accidentes de Tránsito en Av. La Marina**

**AÑO 2007**

MESES	ACCIDENTES
Enero	5
Febrero	4
Marzo	4
Abril	3
Mayo	3
Junio	1
Julio	1
Agosto	5
Septiembre	1
Octubre	5
Noviembre	1
Diciembre	0
TOTAL	33

**AÑO 2008**

MESES	ACCIDENTES
Enero	5
Febrero	3
Marzo	5
Abril	3
TOTAL	16



Fuente: Comisaría La Perla – Callao, Elaboración propia

Comparando los accidentes entre enero a abril del 2007 (16) con los accidentes entre enero a abril 2008 (16), se observa que no se presenta variación entre los mismos, en razón de ello se puede afirmar que no se obtienen efectos por la implementación de los “topes electrónicos”.



**D. RUTAS QUE CIRCULAN POR EL ÁREA DE ESTUDIO**

**RUTAS ACTUALES DEL CORREDOR TACNA-GARCILAZO-AREQUIPA**

RUTA	EMPRESA	FLOTA PADRON			TOTAL	LONGITUD		TOTAL	
		OMNIBUS	MICRO	C.RURAL		IDA	VUELTA		
1	IM25	E.T. VIRGEN DE LA ASUNCION S.A.	2	60	0	62	37,80	35,80	73,60
2	IM28	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	0	13	0	13	32,72	32,72	65,44
3	EM02	E.T. ESPECIAL SOLIDARIDAD S.A.	1	140	0	141	41,37	41,37	82,74
4	EM16	E.S.T. 25 DE SETIEMBRE S.A.C.	0	70	0	70	33,20	33,20	66,40
5	EM36	E.T. EL CARMEN S.A. ETECSA	3	67	0	70	30,37	28,30	58,67
6	EM37	TRANSPORTES RAPIDO UNIVERSAL S.A.	11	95	0	106	47,00	47,00	94,00
7	EO101	E.S.T. SANTA CATALINA S.A.	1	74	0	75	39,00	39,00	78,00
8	EO20	E.T. 104 S.A.	40	10	0	50	38,00	38,00	76,00
9	EO35	E.T. UNIDOS S.A.	84	0	0	84	38,70	38,90	77,60
10	EO64	E.T. LUIS BANCHERO ROSSI S.A.	58	2	0	60	28,22	27,60	55,82
11	IM45	E.T. 90 CALLAO S.A.	0	1	0	1	22,63	23,10	45,73
12	IO52	TRANSPORTES HUASCAR S.A.	2	49	0	51	26,36	26,36	52,72
13	NM11	E.T. Y SERV. NUEVA AMERICA S.A.	0	48	0	48	36,50	37,37	73,87
14	OO08	E.T. LAS AGUILAS 75 S.A.	48	14	0	62	27,80	28,10	55,90
15	OO17	E.T. LAS FLORES S.A.	101	3	0	104	32,72	31,82	64,54
16	SM24	TRANSPORTES SAN IGNACIO S.A.	1	116	0	117	56,00	56,00	112,00
17	SO30	E.T. SANTO CRISTO DE PACHACAMILLA S.A.	99	1	0	100	47,70	47,70	95,40
18	IO66	E.T. PATRON SAN SEBASTIAN S.A.	24	22	0	46	28,85	28,85	57,70

	RUTA	EMPRESA	FLOTA PADRON			TOTAL	LONGITUD		TOTAL
			OMNIBUS	MICRO	C.RURAL		IDA	VUELTA	
19	EM29	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	1	93	0	94	29,00	28,50	57,50
20	NM37	C.T. COMITE CIEN LTDA.	2	55	0	57	29,00	29,00	58,00
21	NO38	E.T. FEDERICO VILLARREAL S.A.	80	4	0	84	44,10	44,10	88,20
22	NO42	E.T. Y SERV. EL RAPIDO S.A.	72	0	0	72	29,63	29,63	59,26
23	IM13	E.T. RUBEN MARCA S.A. (RUMASA)	0	7	0	7	22,45	23,30	45,75
24	IO28	E.T. Y SERV. LOS ANGELES DEL PERU S.A. ETRAPERSA	0	70	0	70	37,05	36,70	73,75
25	IO30	COMUN.INTE.TUR.SERV.URANO TOURS S.A.	1	86	0	87	30,00	30,00	60,00
26	IO77	E.T. GENERALES LA ARDILLA S.A.	48	0	0	48	30,40	31,20	61,60
27	NM34	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	0	83	0	83	35,00	35,00	70,00
28	SM31	E.S.T. JOSE OLAYA S.A.	0	0	27	27	22,00	22,00	44,00
29	IO20	TRANSLIMA S.A.	0	77	0	77	36,80	36,80	73,60
30	IO85	E.T. Y SERV. AMANCAES S.A.	70	4	0	74	26,18	26,24	52,42
31	NM06	E.T. EL METRO S.A.	2	73	0	75	32,28	32,28	64,56
32	NM12	E.T. 36 SAN MARTIN DE PORRES S.A.	73	11	0	84	43,50	43,32	86,82
33	NM29	TRANSLIMA S.A.	0	108	0	108	33,93	33,93	67,86
34	NM36	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	0	90	0	90	34,00	34,00	68,00
35	NM38	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	0	139	0	139	44,40	43,90	88,30
36	NO07	E.T. UNIDOS DE PASAJEROS S.A. (ETUPSA 73)	89	0	0	89	45,50	45,80	91,30
37	NO24	AGRUP. DE TRANS. EN CAMIONETAS S.A.(A.T.C.R. S.A.)	1	92	0	93	41,43	41,43	82,86
38	SM05	EMPRESA DE TRANSPORTES VILLA MARINA S.A.	1	84	0	85	43,06	43,06	86,12
39	SO03	E.T. Y SERV. SAN JUAN DE VILLA S.A.	42	0	0	42	30,10	30,10	60,20
40	SO07	TRANSPORTE DE SERVICIOS URBANOS S.A.	44	2	0	46	30,90	31,20	62,10
41	SO09	E.T. URBANO Y SERV. MECANICOS S.A.	37	0	0	37	40,90	41,06	81,96
42	SO14	E.T. ESFUERZOS UNIDOS S.A.	5	86	0	91	42,65	42,65	85,30
43	SO21	E.T. SANTA LUZMILA S.A.	34	7	0	41	31,68	31,69	63,37
44	SO24	E.T. UNIDOS DE PASAJEROS S.A. (ETUPSA 73)	85	0	0	85	52,16	53,26	105,42
45	NO37	E.T. SANTA LUZMILA S.A.	1	61	0	62	40,10	40,15	80,25
46	NO03	TRANSPORTES Y SERV. SANTA CRUZ S.A.	95	1	0	96	43,75	43,75	87,50
47	NO34	E.T. 41 S.A.	61	20	0	81	52,70	58,00	110,70
48	SO31	E.T. SANTO CRISTO DE PACHACAMILLA S.A.	4	49	0	53	45,80	44,70	90,50

RUTA	EMPRESA	FLOTA PADRON			TOTAL	LONGITUD		TOTAL	
		OMNIBUS	MICRO	C.RURAL		IDA	VUELTA		
49	IO35	E.T. SAN MIGUEL NRO. 2 S.A.	3	68	0	71	28,30	28,30	56,60
50	IO65	E.T. COLONIAL S.A.	70	4	0	74	31,58	31,58	63,16
51	NM26	E.T. MIGUEL GRAU S.A.	1	38	0	39	37,00	37,00	74,00
52	NM28	E.T. Y SERV. EL PORVENIR S.A.	0	108	0	108	35,21	34,76	69,97
53	SM18	TRANSLIMA S.A.	0	131	0	131	58,50	58,70	117,20
54	SO26	E.T. UNIDOS CHAMA S.A.	1	120	0	121	61,80	61,50	123,30
55	SCR15	E.T. URBANO LIMATAMBO S.A.C.(ETULSAC)	0	28	0	28	26,45	28,45	54,90

	FLOTA PADRON			TOTAL
	OMNIBUS	MICRO	C.RURAL	
<b>55 RUTAS</b>	<b>1398</b>	<b>2584</b>	<b>27</b>	<b>4009</b>

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima, GTU -2007

## SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA

### E. CAPACIDAD DE UTILIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE PÚBLICO

CAPACIDAD DE UTILIZACION DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE PUBLICO												
		<b>VIA :</b> Av. Arequipa <b>PUNTO :</b> Av. Arequipa / Ca. Saco Oliveros <b>SENTIDO 1 :</b> Sur -Norte <b>Fecha :</b>										
HORAS	TIPO DE VEHICULO	FULL	Sentado 100% De pie 50%	Sentado 100%	Sentado 50%	Casi Vacío	Vacio	SUBTOTAL	CAPACIDAD MUESTRA	FACTOR CORRECCION	CAPACIDAD TOTAL	
5:00 - 5:15	OMNIBUS	0	0	0	0	0	1	1	0	0.000	0	
5:15 - 5:30	OMNIBUS	0	2	2	1	0	0	5	183	1.000	183	
5:30 - 5:45	OMNIBUS	0	1	1	0	0	0	2	83	1.000	83	
5:45 - 6:00	OMNIBUS	0	1	1	0	0	0	2	83	1.000	83	
6:00 - 6:15	OMNIBUS	0	1	1	1	0	0	3	100	1.000	100	
6:15 - 6:30	OMNIBUS	0	1	1	0	0	0	2	83	1.000	83	
6:30 - 6:45	OMNIBUS	0	1	0	1	0	0	2	67	1.000	67	
6:45 - 7:00	OMNIBUS	0	1	2	1	0	0	4	133	1.000	133	
7:00 - 7:15	OMNIBUS	0	1	2	1	0	0	4	133	1.000	133	
7:15 - 7:30	OMNIBUS	0	1	0	0	0	0	1	50	1.000	50	
7:30 - 7:45	OMNIBUS	0	0	1	0	0	0	1	33	2.000	66	
7:45 - 8:00	OMNIBUS	0	1	0	2	1	0	4	92	1.000	92	
5:00 - 5:15	MICROBUS	12	31	46	2	2	0	93	2468	0.000	0	
5:15 - 5:30	MICROBUS	10	25	20	0	0	0	55	1580	2.455	3878	
5:30 - 5:45	MICROBUS	18	28	16	7	0	0	69	1958	1.101	2157	
5:45 - 6:00	MICROBUS	27	40	25	0	2	0	94	2786	0.915	2549	
6:00 - 6:15	MICROBUS	79	50	0	0	0	0	129	4423	0.659	2914	
6:15 - 6:30	MICROBUS	136	45	0	0	0	0	181	6382	0.652	4161	
6:30 - 6:45	MICROBUS	70	25	0	0	0	0	95	3340	0.737	2461	
6:45 - 7:00	MICROBUS	72	37	10	2	0	0	121	4028	1.050	4228	
7:00 - 7:15	MICROBUS	45	35	27	4	0	0	111	3384	0.883	2988	
7:15 - 7:30	MICROBUS	50	25	25	0	0	0	100	3175	0.980	3112	
7:30 - 7:45	MICROBUS	60	30	0	0	0	0	90	3120	1.056	3293	
7:45 - 8:00	MICROBUS	55	40	0	0	0	0	95	3235	1.000	3235	

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

CAPACIDAD DE UTILIZACION DE LAS UNIDADES DE TRANSPORTE PUBLICO												
		<b>VIA :</b> Av. Arequipa <b>PUNTO :</b> Av. Arequipa / Ca. Saco Oliveros <b>SENTIDO 2 :</b> Norte-Sur <b>Fecha :</b>										
HORAS	TIPO DE VEHICULO	FULL	Sentado 100% De pie 50%	Sentado 100%	Sentado 50%	Casi Vacío	Vacio	SUBTOTAL	MUESTRA CAPACIDAD	FACTOR EXPANSION	CAPACIDAD TOTAL	
5:00 - 5:15	OMNIBUS		2	1	1			4	0	1.000	0	
5:15 - 5:30	OMNIBUS		1	2				3	150	1.000	150	
5:30 - 5:45	OMNIBUS		1	1	2			4	116	1.000	116	
5:45 - 6:00	OMNIBUS		1	2				3	117	0.667	78	
6:00 - 6:15	OMNIBUS		1	1	1			3	116	1.000	116	
6:15 - 6:30	OMNIBUS		1	1	1			3	100	1.000	100	
6:30 - 6:45	OMNIBUS		2	1	2			5	100	1.000	100	
6:45 - 7:00	OMNIBUS		1	2				3	167	1.000	167	
7:00 - 7:15	OMNIBUS		1		1			2	116	1.000	116	
7:15 - 7:30	OMNIBUS		1	2				3	67	1.000	67	
7:30 - 7:45	OMNIBUS		1	2	2			5	116	0.800	93	
7:45 - 8:00	OMNIBUS		1		1			2	150	1.000	150	
5:00 - 5:15	MICROBUS	0	5	7	8	0	0	20	407	3.800	1547	
5:15 - 5:30	MICROBUS	1	24	17	25	0	0	67	1448	0.851	1232	
5:30 - 5:45	MICROBUS	5	32	23	2	0	0	62	1698	0.984	1671	
5:45 - 6:00	MICROBUS	6	30	22	3	1	0	62	1670	1.290	2155	
6:00 - 6:15	MICROBUS	5	41	25	7	0	0	78	2074	0.731	1516	
6:15 - 6:30	MICROBUS	4	44	20	4	0	0	72	1976	1.000	1976	
6:30 - 6:45	MICROBUS	1	36	17	8	0	1	63	1604	0.873	1400	
6:45 - 7:00	MICROBUS	3	34	12	8	0	0	57	1503	1.140	1714	
7:00 - 7:15	MICROBUS	2	40	26	12	2	0	82	2028	0.854	1731	
7:15 - 7:30	MICROBUS	0	24	26	10	3	0	63	1456	0.968	1410	
7:30 - 7:45	MICROBUS	0	27	27	11	0	0	65	1563	1.108	1731	
7:45 - 8:00	MICROBUS	0	22	35	2	0	0	59	1489	1.254	1868	

Fuente: Rocio Espinoza, 2008

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**Cálculo de la disminución del 39% de utilización vehicular de las unidades de transporte público**

De la relación de las tablas 6-14 y 6-15 se obtuvo el siguiente resumen:

	<b>PX</b>	<b>Un. T.P.</b>	<b>UCP</b>
Microbús	20,659	675	1,688
Ómnibus	899	25	75

Si deseamos reducir la capacidad de utilización de la vía, podríamos reemplazar los ómnibuses por microbuses; con ello conseguiríamos menos unidades vehiculares en la avenida Arequipa. Entonces se realiza lo siguiente:

- 1) Dividimos los 20,659 px./ 50 unidades (capacidad media de un bus). Obteniendo 413.18 unidades vehiculares de ómnibus que se necesitan para trasladar esa cantidad de pasajeros.
- 2) Realizamos una regla de tres simple para determinar el porcentaje. Obteniendo un 39% en la disminución de utilización vehicular.

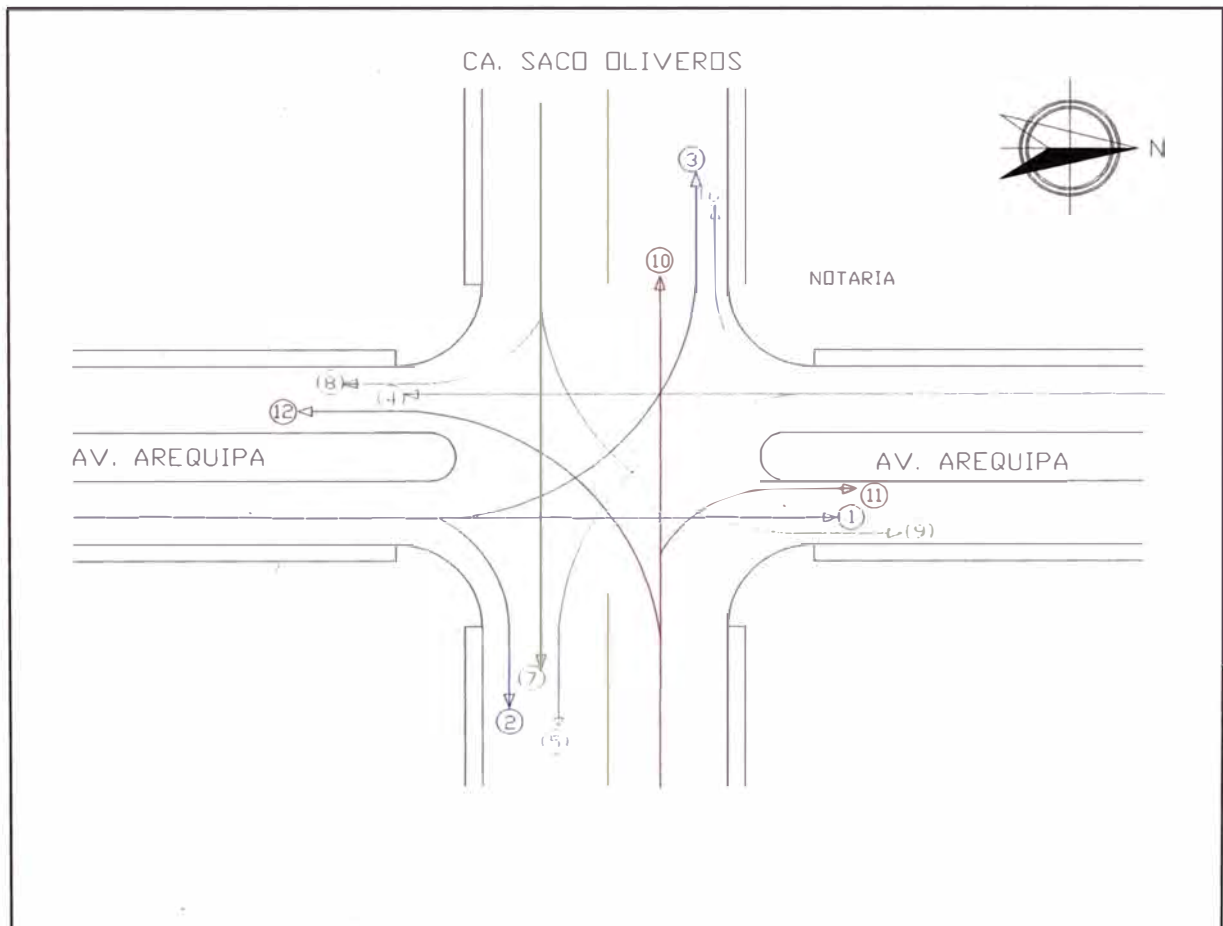
<b>Un. T.P.</b>	<b>% Reducción</b>
675	100%
413.2	61%
<b>261.8</b>	<b>39%</b>

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**F. FICHAS DE LOS FLUJOS VEHICULARES**

**FLUJO VEHICULAR N°1**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.4 Calle Saco Oliveros.  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.30 – 8.30 am.



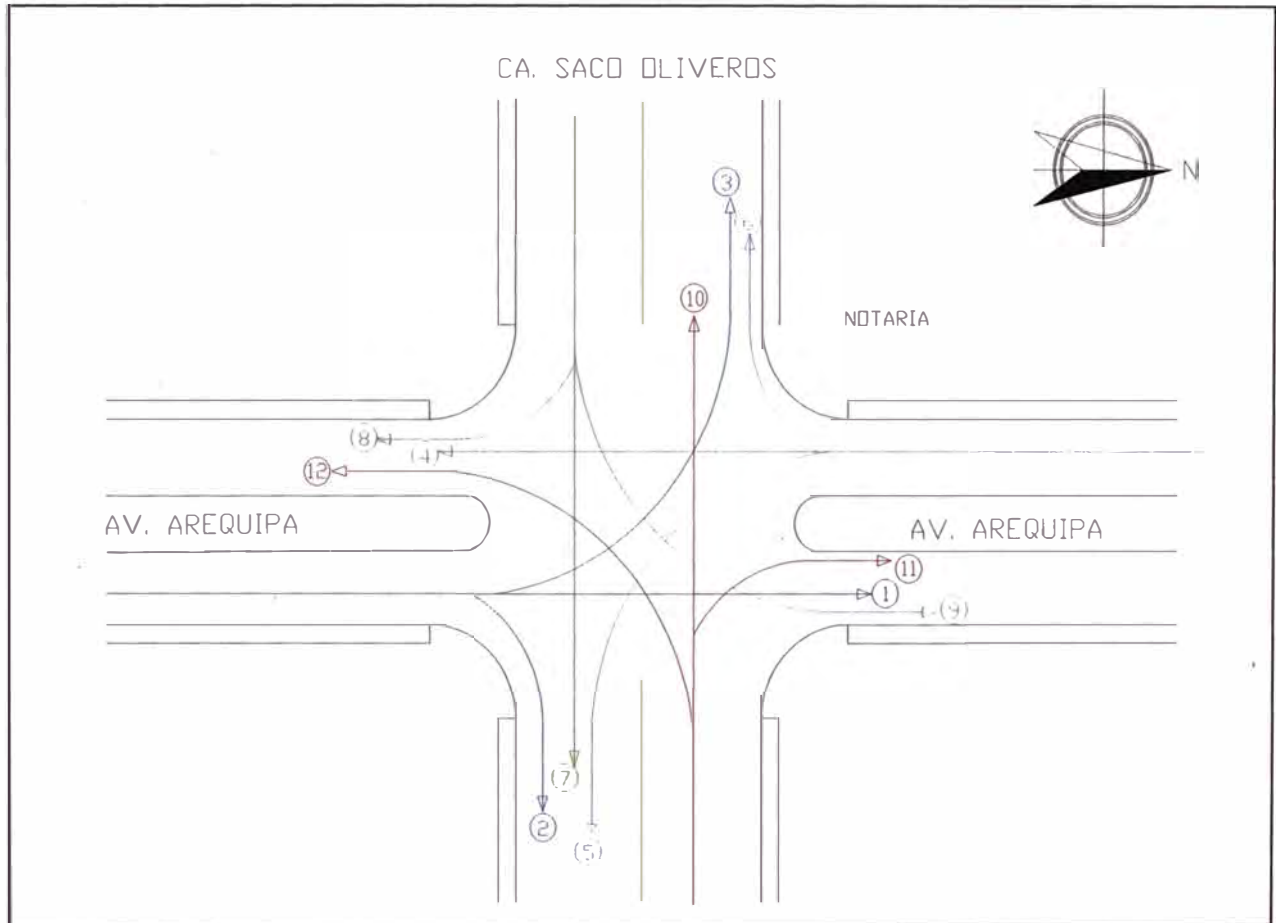
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	369	0	0	30	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	259	72	38	232	64	6	56	16	3	98	11	14
COMBI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	399	0	0	332	0	0	0	0	0	0	0	0
OMNIBUS	13	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1040	72	38	600	64	6	56	16	3	98	11	14
UCP	1664.5	72	38	1110	64	6	56	16	3	98	11	14
TOTAL X VÍA	1774.5			1180			75			123		
TOTAL INTER.	3152.5											

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR Nº2**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.4 Calle Saco Oliveros.  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 6.15 – 7.15 pm.



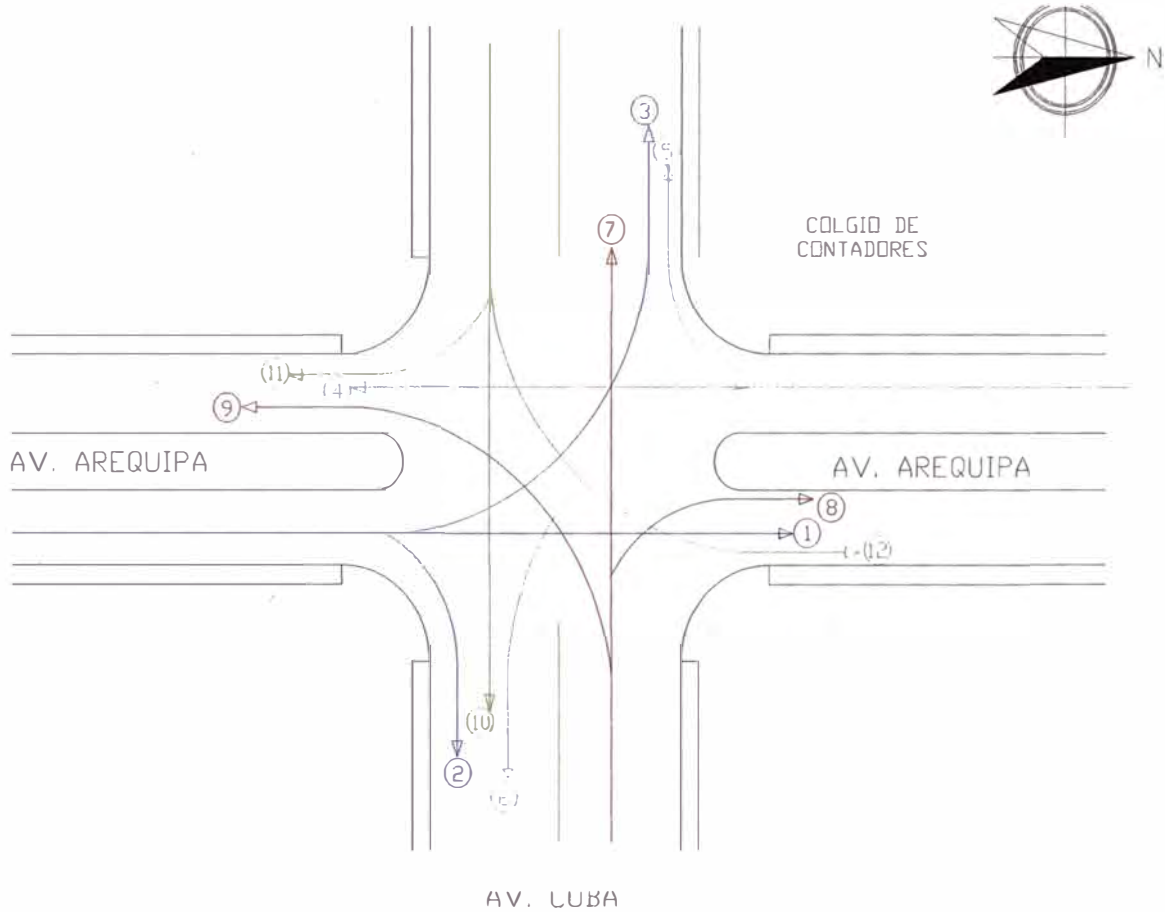
<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	326	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	252	65	54	311	30	100	86	17	11	131	29	10
COMBI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	413	0	0	262	0	0	0	0	0	0	0	0
OMNIBUS	12	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>1003</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>597</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>131</b>	<b>29</b>	<b>10</b>
<b>UCP</b>	<b>1646.5</b>	<b>65</b>	<b>54</b>	<b>1016</b>	<b>30</b>	<b>100</b>	<b>86</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>131</b>	<b>29</b>	<b>10</b>
<b>TOTAL X VÍA</b>	<b>1765.5</b>			<b>1146</b>			<b>114</b>			<b>170</b>		
<b>TOTAL INTER.</b>	<b>3195.5</b>											

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°03**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.9 – Av. Cuba.  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.30 – 8.30 am.



<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

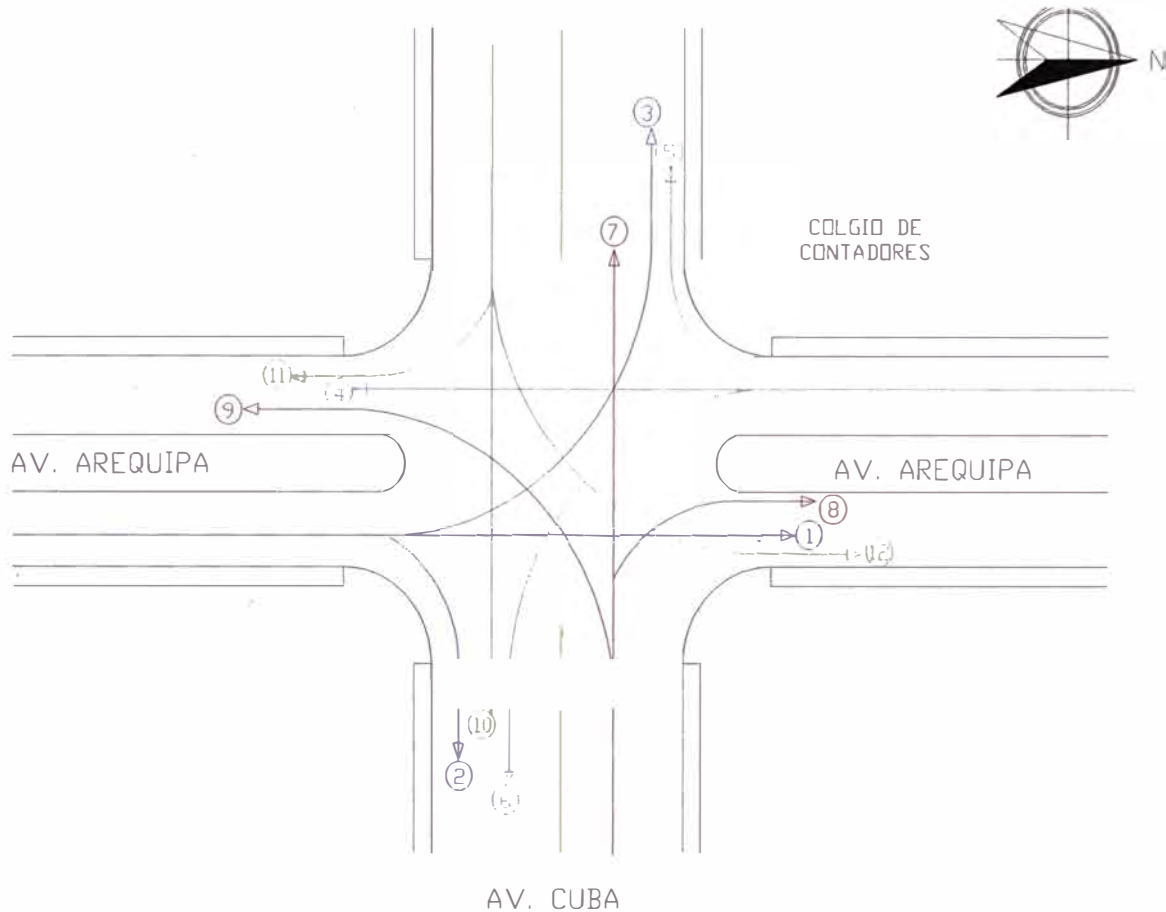
TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	71	0	0	45	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	390	16	57	183	13	32	334	10	3	361	31	5
COMBI	2	0	0	0	0	0	28	0	0	19	0	0
MICROBUS	307	0	36	332	0	0	34	0	0	83	45	0
OMNIBUS	9	0	0	11	0	0	38	0	0	20	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>779</b>	<b>16</b>	<b>93</b>	<b>571</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>434</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>483</b>	<b>76</b>	<b>5</b>
UCP	1258	16	147	1091	13	32	568	10	3	652.25	143.5	5
<b>TOTAL X VÍA</b>	1421			1136			581			800.75		
<b>TOTAL INTER.</b>	3938.75											



**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°04**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.9 – Av. Cuba.  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



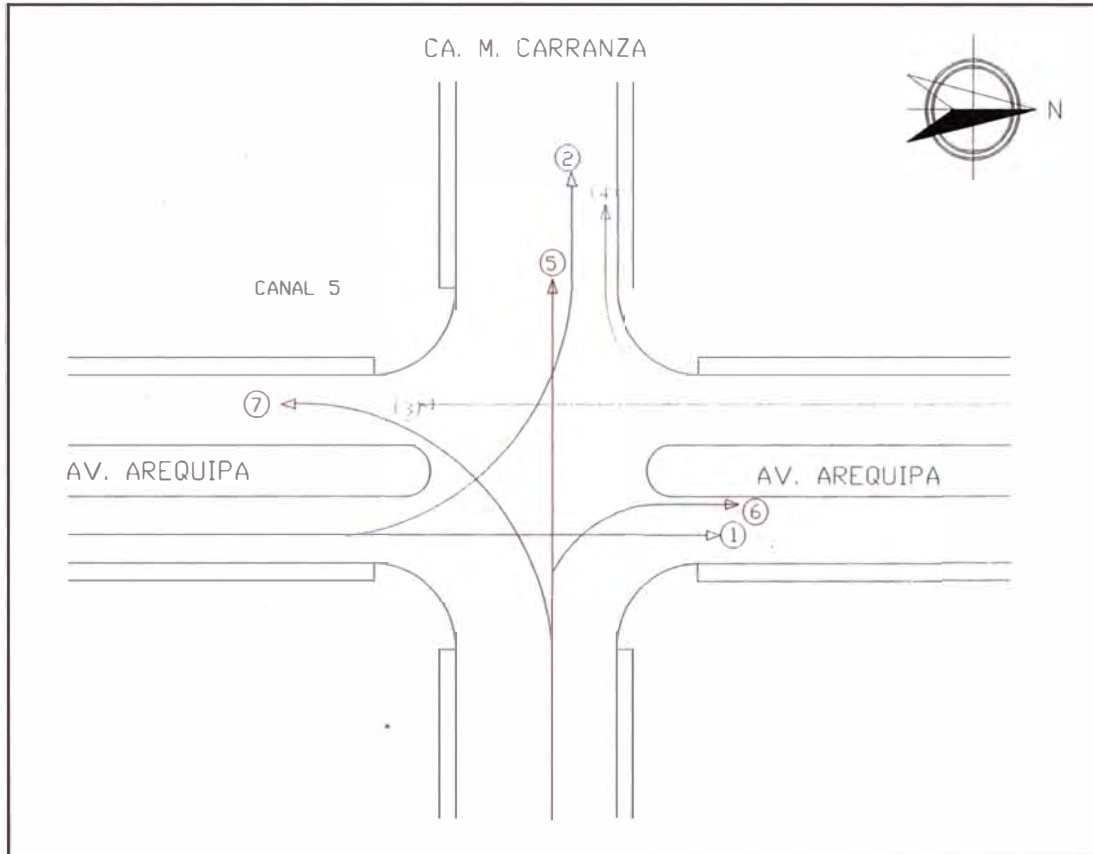
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	21	0	0	26	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	387	15	53	278	29	50	331	48	20	378	45	23
COMBI	2	0	0	0	0	0	7	0	0	8	0	0
MICROBUS	319	0	29	258	0	0	22	0	0	55	28	0
OMNIBUS	8	0	0	9	0	0	43	0	0	15	0	0
TOTAL	737	15	82	571	29	50	403	48	20	456	73	23
UCP	1232	15	125.5	976	29	50	523.75	48	20	570.5	115	23
TOTAL X VÍA	1372.5			1055			591.75			708.5		
TOTAL INTER.	3727.75											

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°05**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.10 – Ca. Carranza  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.45 – 8.45 am.



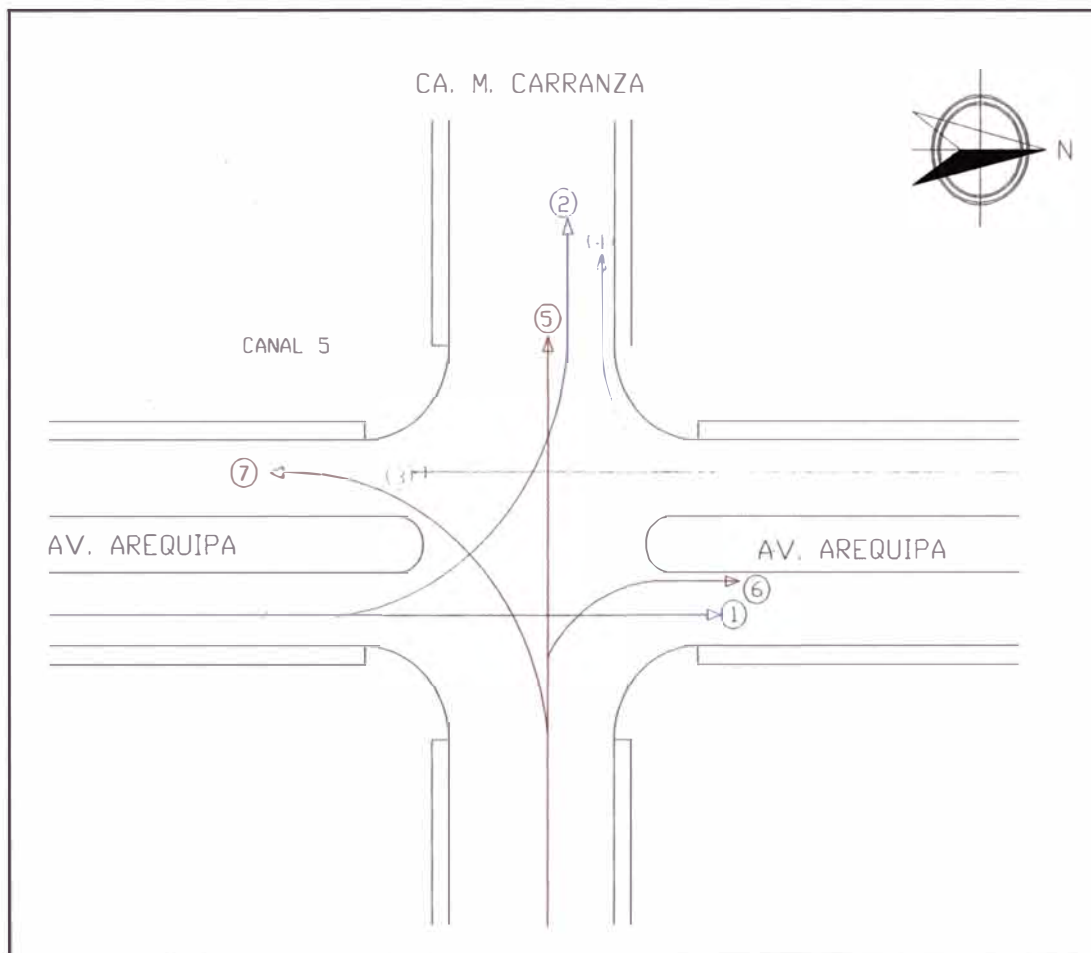
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	83	0	69	0	0	0	0
AUTO	355	75	207	33	768	47	29
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	329	0	400	0	9	0	0
OMNIBUS	9	0	13	0	0	0	0
TOTAL	776	75	689	33	777	47	29
UCP	1287.5	75	1315	33	790.5	47	29
TOTAL X VÍA	1362.5		1348		866.5		
TOTAL INTER.	3577						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°06**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.10 – Ca. Carranza  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.45 – 6.45 pm.



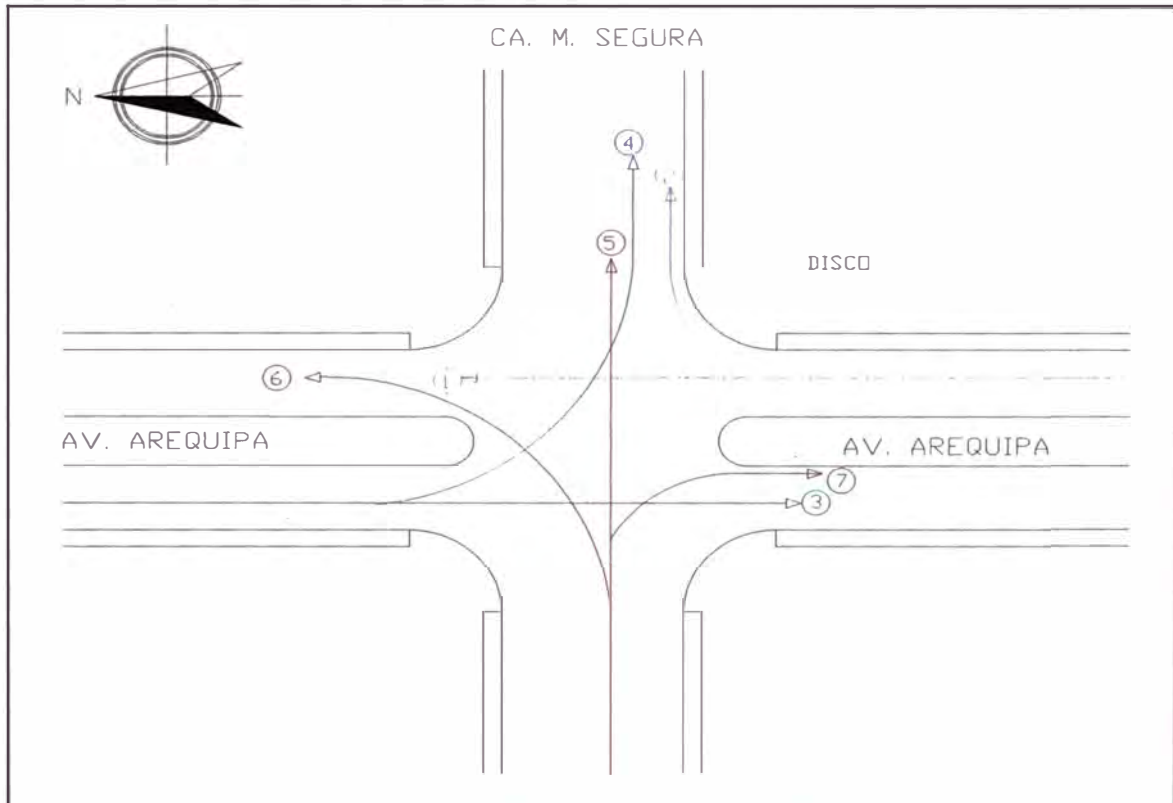
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	19	0	28	0	0	0	0
AUTO	379	108	310	26	698	43	27
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	361	0	298	0	6	0	0
OMNIBUS	9	0	10	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>768</b>	<b>108</b>	<b>646</b>	<b>26</b>	<b>704</b>	<b>43</b>	<b>27</b>
UCP	1327.5	108	1113	26	713	43	27
<b>TOTAL X VÍA</b>	<b>1435.5</b>		<b>1139</b>		<b>783</b>		
<b>TOTAL INTER.</b>	<b>3357.5</b>						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°07**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.15 – Ca. Manuel Segura  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 8.30 – 9.30 am.



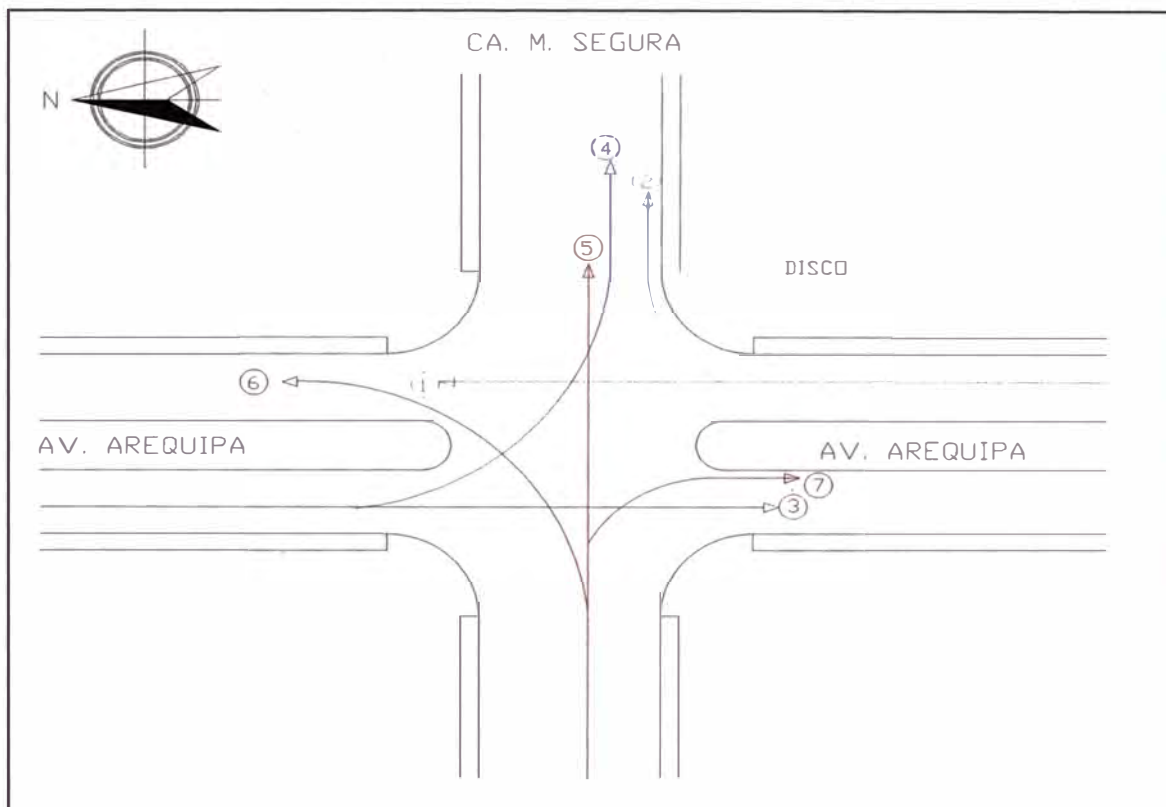
<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	240	0	0	0	0	0	0
AUTO	139	2	241	7	689	72	43
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	319	0	387	0	16	0	0
OMNIBUS	7	0	12	0	46	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>705</b>	<b>2</b>	<b>640</b>	<b>7</b>	<b>751</b>	<b>72</b>	<b>43</b>
UCP	1197.5	2	1244.5	7	867	72	43
<b>TOTAL X VÍA</b>	<b>1199.5</b>		<b>1251.5</b>		<b>982</b>		
<b>TOTAL INTER.</b>	<b>3433</b>						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°08**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.15 – Ca. Manuel Segura  
 FECHA : Miércoles 03 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.15 – 6.15 pm.



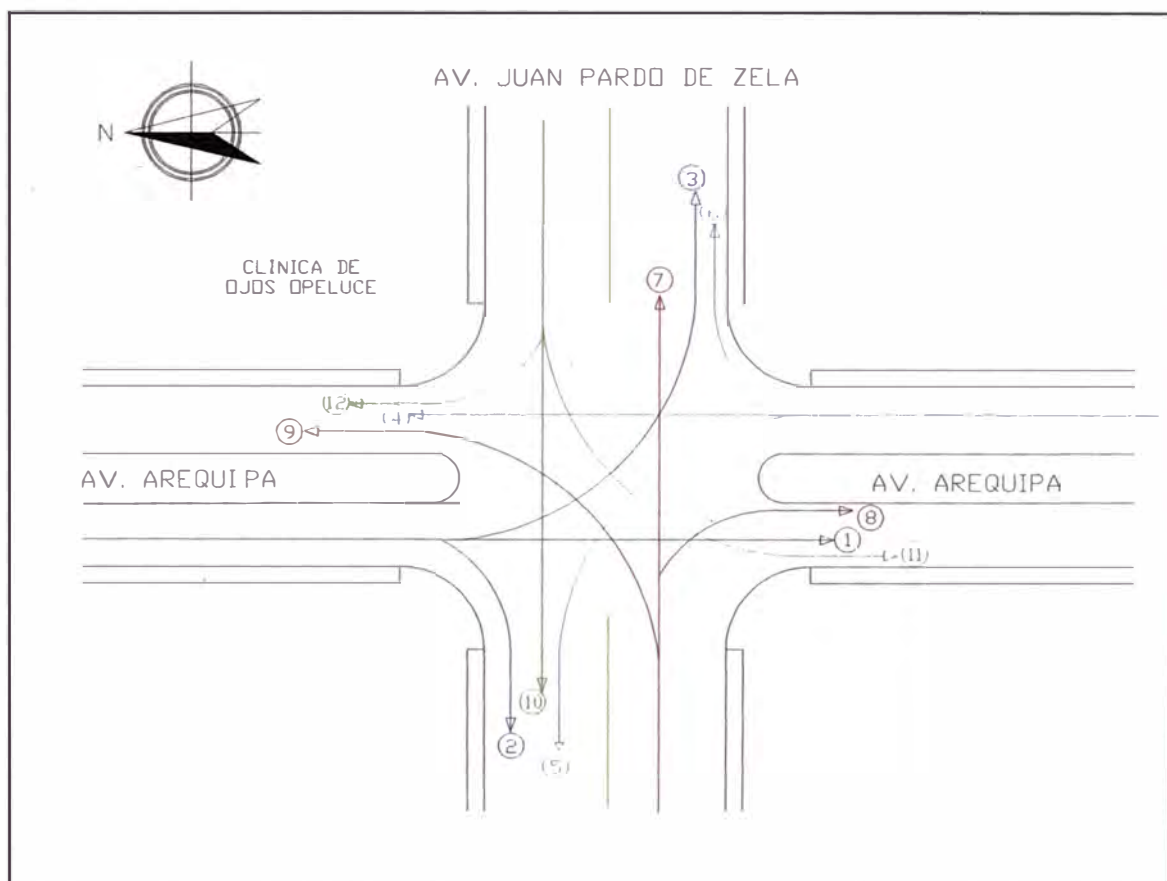
<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	216	0	0	0	0	0	0
AUTO	139	39	370	101	557	86	51
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	297	0	314	0	22	0	0
OMNIBUS	8	0	9	0	30	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>660</b>	<b>39</b>	<b>693</b>	<b>101</b>	<b>609</b>	<b>86</b>	<b>51</b>
UCP	1121.5	39	1182	101	702	86	51
<b>TOTAL x VÍA</b>	<b>1160.5</b>		<b>1283</b>		<b>839</b>		
<b>TOTAL INTER.</b>	<b>3282.5</b>						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°09**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.18 – Av. Juan Pardo de Zela  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.45 – 8.45 am.



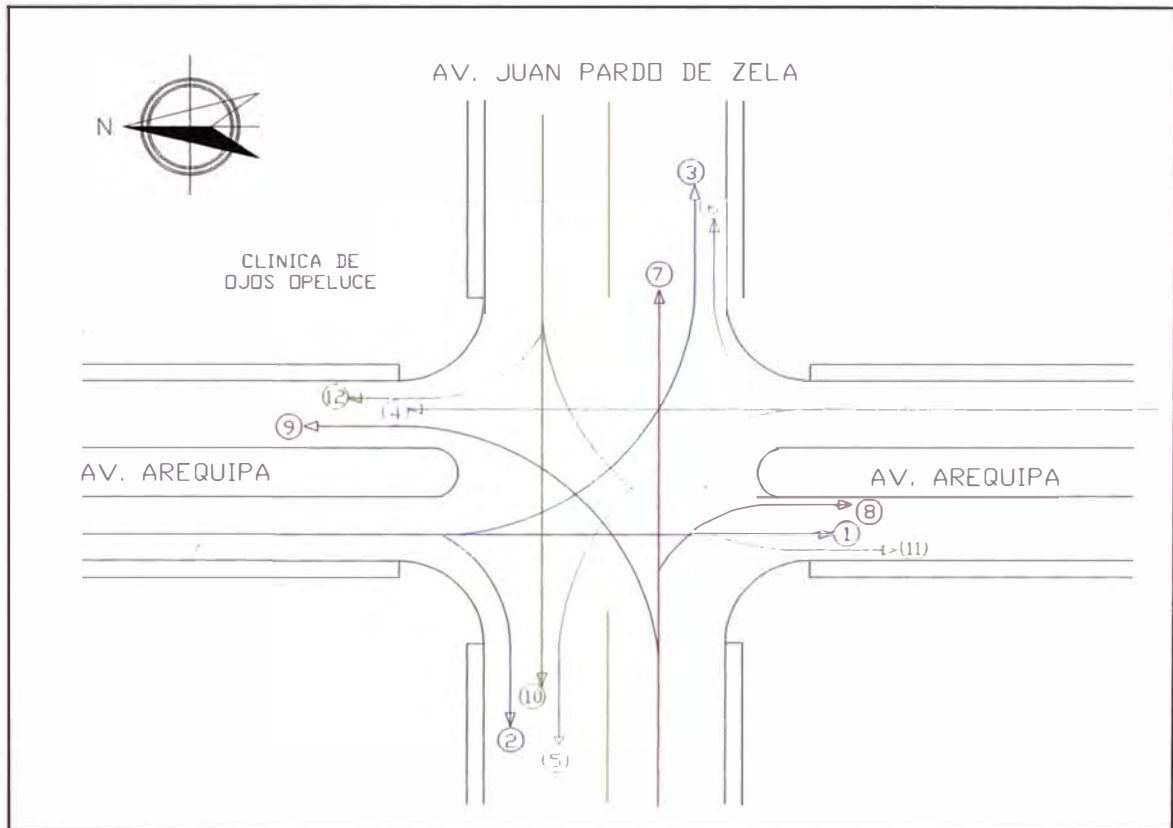
<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	197	27	21	25	19	16	315	26	20	303	4	39
COMBI	57	0	0	271	0	0	168	0	0	244	0	3
MICROBUS	361	0	20	363	0	0	62	0	0	36	8	26
OMNIBUS	8	0	0	11	0	0	44	0	0	33	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>623</b>	<b>27</b>	<b>41</b>	<b>670</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>589</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>616</b>	<b>12</b>	<b>68</b>
<b>UCP</b>	<b>1194.8</b>	<b>27</b>	<b>71</b>	<b>1304.3</b>	<b>19</b>	<b>16</b>	<b>812</b>	<b>26</b>	<b>20</b>	<b>797</b>	<b>24</b>	<b>107.75</b>
<b>TOTAL X VÍA</b>	1292.75		1339.25			858			928.75			
<b>TOTAL INTER.</b>	4418.75											

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°10**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.18 – Av. Juan Pardo de Zela  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.15 – 6.15 pm.



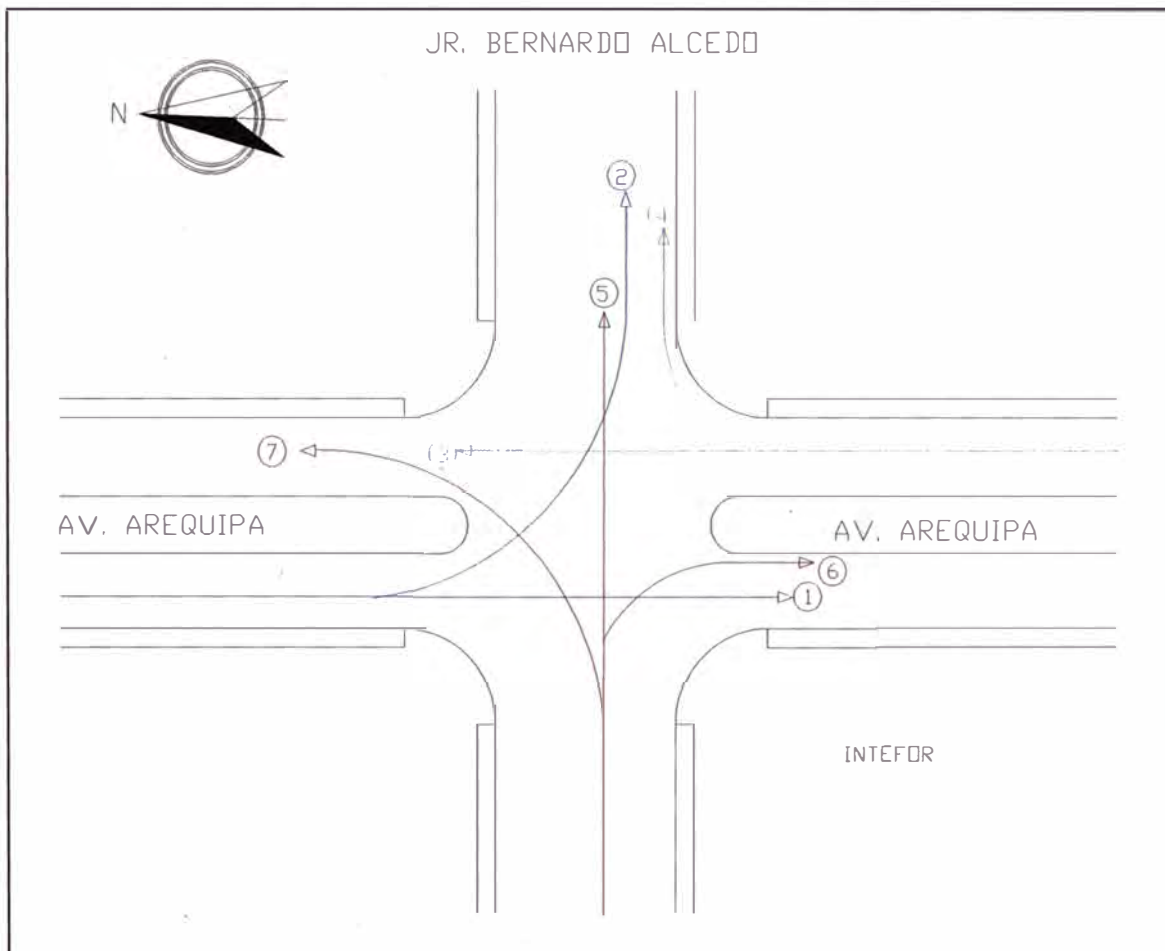
<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8	GIRO 9	GIRO 10	GIRO 11	GIRO 12
COLECTIVO	183	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTO	113	14	41	23	39	35	288	33	33	341	12	47
COMBI	0	0	1	286	0	0	129	0	0	173	0	0
MICROBUS	230	0	21	319	0	0	38	0	0	31	12	13
OMNIBUS	10	0	0	10	0	0	36	0	0	33	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>536</b>	<b>14</b>	<b>63</b>	<b>638</b>	<b>39</b>	<b>35</b>	<b>491</b>	<b>33</b>	<b>33</b>	<b>578</b>	<b>24</b>	<b>60</b>
UCP	901	14	94.75	1208	39	35	652.25	33	33	733.75	42	79.5
<b>TOTAL X VÍA</b>	1009.75			1282			718.25			855.25		
<b>TOTAL INTER.</b>	3865.25											

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°11**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.19 – Jr. Bernardo Alcedo  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 7.45 – 8.45 am.



<b>Valores UCP</b>	3	2.5	1.25	1	1
--------------------	---	-----	------	---	---

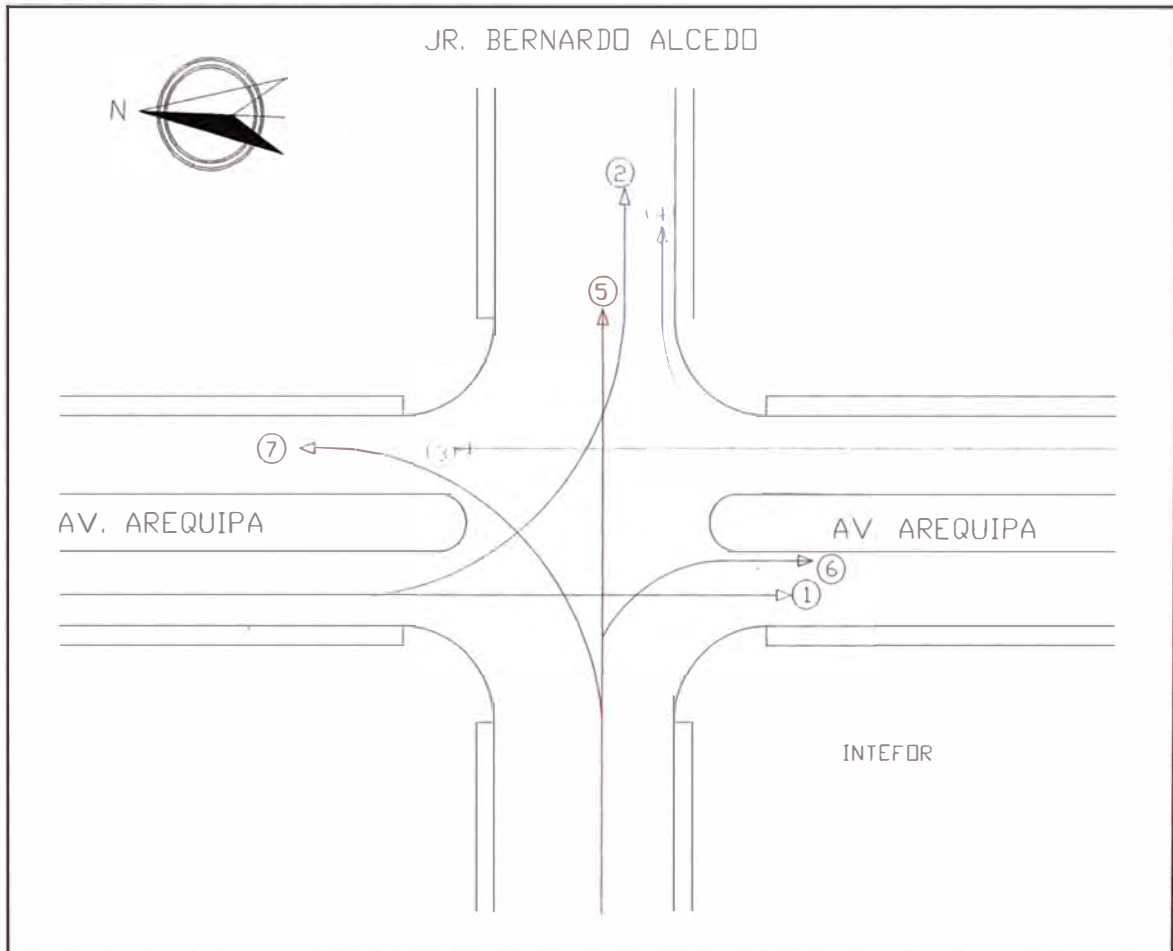
TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	197	0	25	0	0	0	0
AUTO	57	39	271	32	834	9	28
COMBI	0	0	0	0	66	0	0
MICROBUS	361	0	363	0	17	0	0
OMNIBUS	8	0	11	0	16	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>623</b>	<b>39</b>	<b>670</b>	<b>32</b>	<b>933</b>	<b>9</b>	<b>28</b>
UCP	1180.5	39	1236.5	32	1007	9	28
<b>TOTAL X VÍA</b>	<b>1219.5</b>		<b>1268.5</b>		<b>1044</b>		
<b>TOTAL INTER.</b>	<b>3532</b>						



**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°12**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.19 – Jr. Bernardo Alcedo  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.45 – 6.45 pm.



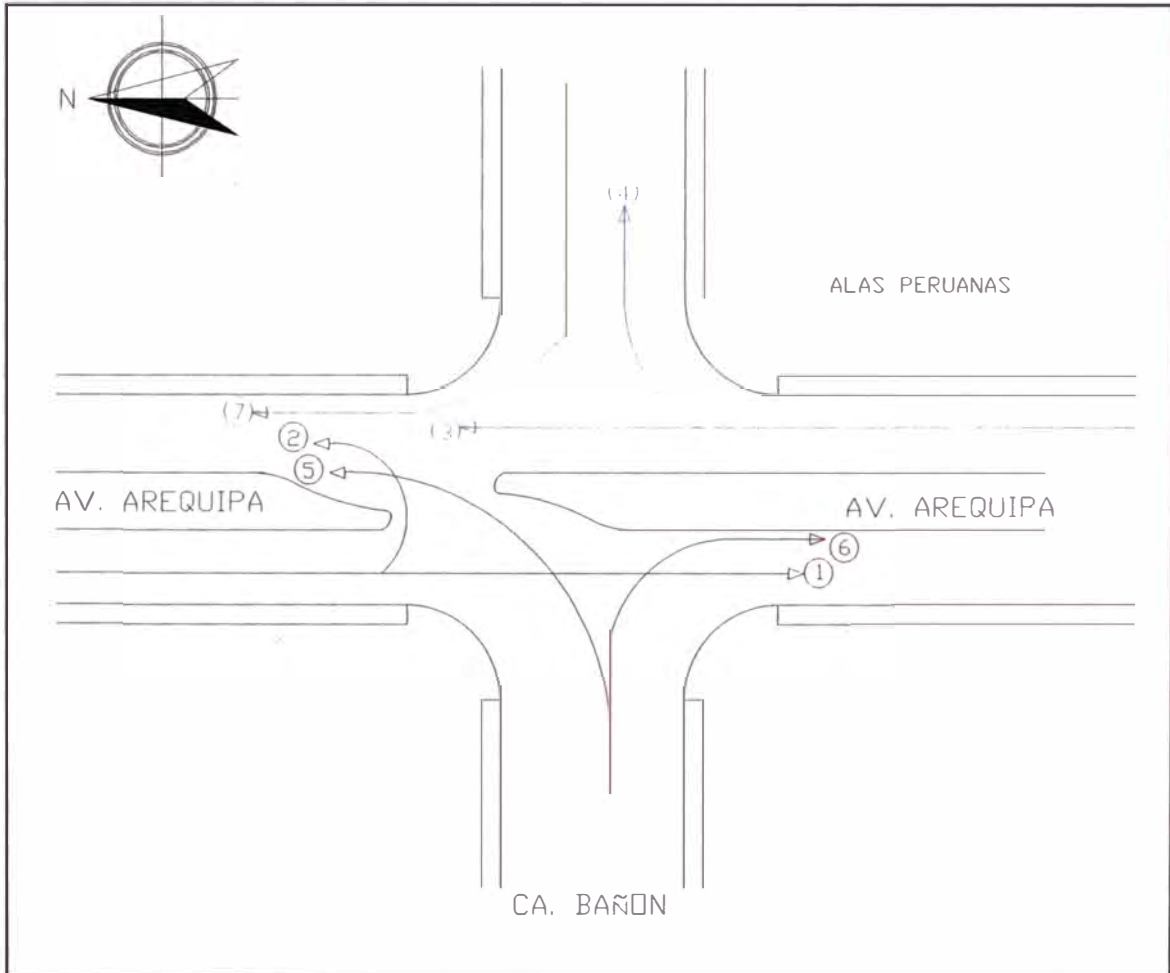
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	163	0	25	0	0	0	0
AUTO	134	39	271	78	706	71	38
COMBI	0	0	0	0	53	0	0
MICROBUS	255	0	363	0	12	0	0
OMNIBUS	8	0	11	0	14	0	0
TOTAL	560	39	670	78	785	71	38
UCP	958.5	39	1236.5	78	844.25	71	38
TOTAL X VÍA	997.5		1314.5		953.25		
TOTAL INTER.	3265.25						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°13**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.28 – Ca. Bañon  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Mañana  
 HORA PUNTA : 8.00 – 9.00 am.



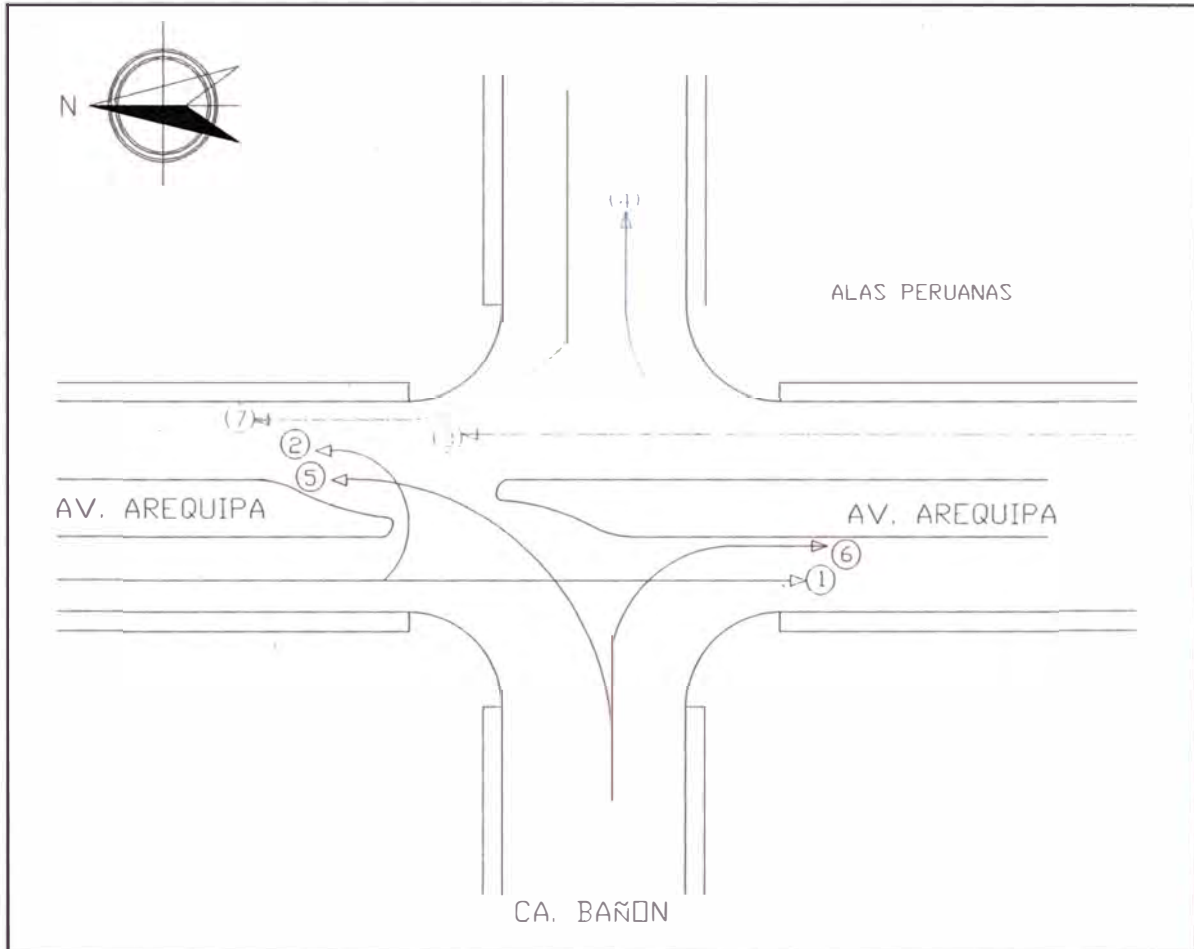
Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	130	0	112	0	0	0	0
AUTO	1082	62	619	15	178	22	39
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	328	0	298	0	0	0	0
OMNIBUS	8	0	10	0	0	0	0
TOTAL	1548	62	1039	15	178	22	39
UCP	2056	62	1506	15	178	22	39
TOTAL x VÍA	2118		1521		239		
TOTAL INTER.	3878						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO VEHICULAR N°14**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.28 – Ca. Bañon  
 FECHA : Jueves 04 de Octubre  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



Valores UCP	3	2.5	1.25	1	1
-------------	---	-----	------	---	---

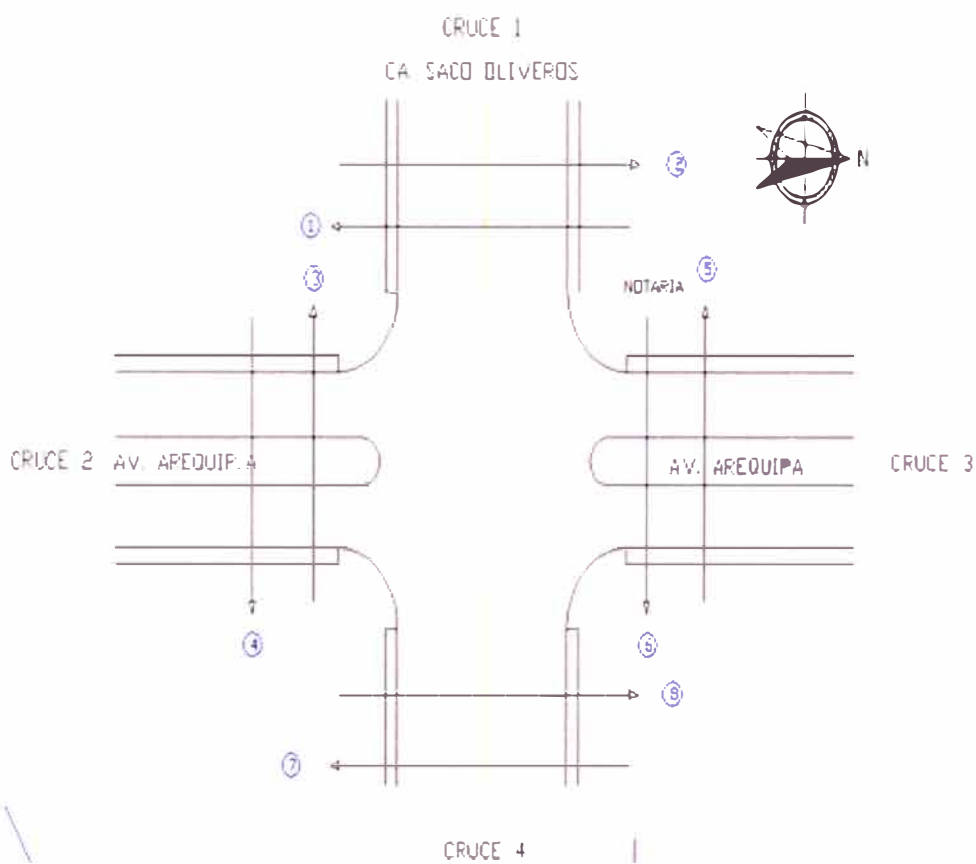
TIPO DE VEHICULO	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7
COLECTIVO	65	0	43	0	0	0	0
AUTO	1067	106	618	20	193	39	27
COMBI	0	0	0	0	0	0	0
MICROBUS	269	0	294	0	0	0	0
OMNIBUS	12	0	12	0	0	0	0
TOTAL	1413	106	967	20	193	39	27
UCP	1840.5	106	1432	20	193	39	27
TOTAL X VÍA	1946.5		1452		259		
TOTAL INTER.	3657.5						

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**G. FICHAS DE LOS FLUJOS PEATONAL**

**FLUJO PEATONAL N°01**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.04 – Ca. Saco Oliveros  
 FECHA : Jueves 10/01/08  
 TURNO : Tarde  
 HORAPUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



**RESUMEN HORA PUNTA**

	GIRO 1	GIRO 2	GIRO 3	GIRO 4	GIRO 5	GIRO 6	GIRO 7	GIRO 8
∑ Hora Punta	281	331	311	257	355	268	229	167
TOTAL	612		568		623		396	
TOTAL INTERSECCION	2199							

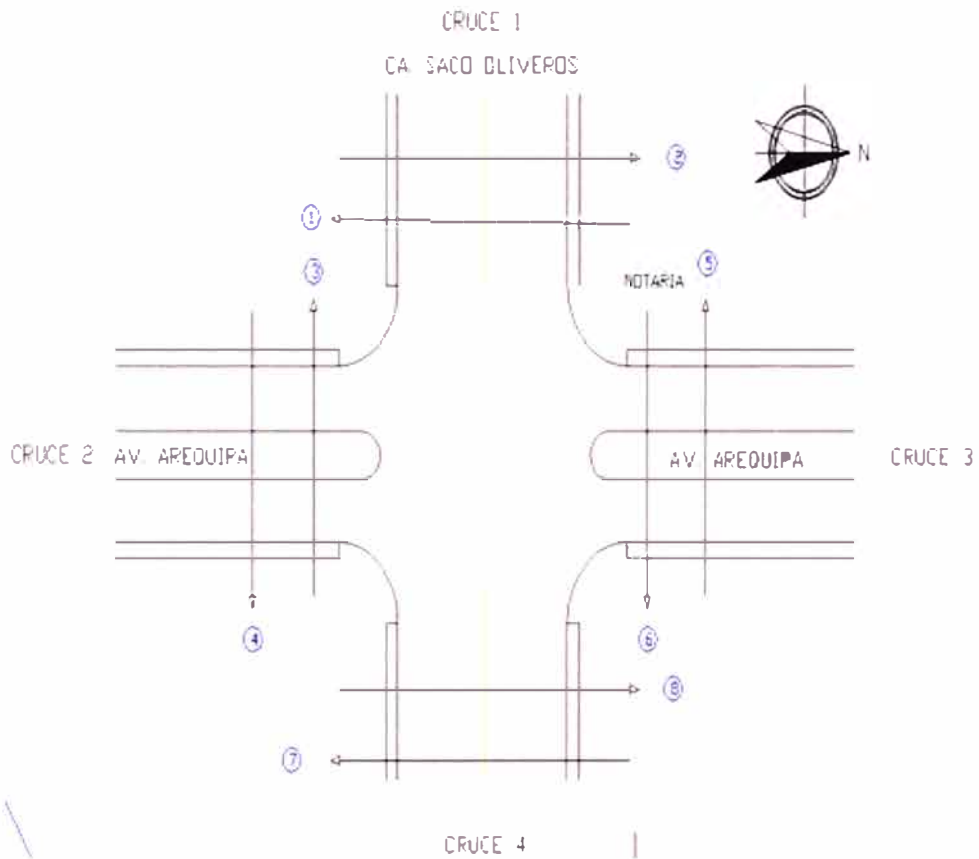
**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

FORMULARIO PARA EL ANALISIS DE VIAS PEATONALES		
<b>Ubicación</b>	Av. Arequipa - S.Oliveros	<b>AFOROS</b>
<b>Ciudad, Provincia</b>	Lima, Lima	<b>Día</b> 10/01/2008
		<b>Hora</b> 5.30-6.30
<b>Volumen Peatonal</b>		
$Q_{1=}$	275	p $\backslash$ 15min
$Q_{2=}$	275	p $\backslash$ 15min
$Q_P=Q_1+Q_2$	550	p $\backslash$ 15min
<b>Anchura de Vía Peatonal</b>		
$A_T$	2.7	m
$A_I=A_{I1}+A_{I2}+A_{I3}+A_{I4}+A_{I5}$	1.1	m
$A_E = A_T - A_I$	1.6	m
<b>NS Medio de la Via Peatonal</b>		
$I=Q_P/15 \cdot A_E=$	22.92	p $\backslash$ min/m
NS Medio= $  $	B	(Tabla 6-23)
<b>NS de los Pelotones de la Via Peatonal</b>		
$I_p=I+13,12=$	36.00	p $\backslash$ min/m
NS de los pelotones= $  $	D	(Tabla 6-23)

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**FLUJO PEATONAL N°03**

INTERSECCIÓN : Av. Arequipa Cdr.04 – Ca. Saco Oliveros  
 FECHA : Jueves 10/01/08  
 TURNO : Tarde  
 HORA PUNTA : 5.30 – 6.30 pm.



**RESUMEN HORA PUNTA**

	<b>GIRO 1</b>	<b>GIRO 2</b>	<b>GIRO 3</b>	<b>GIRO 4</b>	<b>GIRO 5</b>	<b>GIRO 6</b>	<b>GIRO 7</b>	<b>GIRO 8</b>
<b>Σ Hora Punta</b>	281	331	311	257	355	268	229	167
<b>Σ GIRO</b>	612		568		623		396	
<b>Σ INTERSECCION</b>	2199							

**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

<b>FORMULARIO PARA EL ANALISIS DE VIAS PEATONALES</b>		
<b>Ubicación</b>	Av. Arequiupa - A.Tirado	<b>AFOROS</b>
<b>Ciudad, Provincia</b>	Lima, Lima	<b>Día</b> 10/01/2008
		<b>Hora</b> 5.30-6.30
<b>Volumen Peatonal</b>		
$Q_{1=}$	173	pt/15min
$Q_{2=}$	172.5	pt/15min
$Q_P=Q_1+Q_2$	345	pt/15min
<b>Anchura de Vía Peatonal</b>		
$A_T$	2.7	m
$A_1=A_{11}+A_{12}+A_{13}+A_{14}+A_{15}$	1.1	m
$A_E = A_T - A_1$	1.6	m
<b>NS Medio de la Vía Peatonal</b>		
$l=Q_P/15*A_E=$	14.38	pt/min/m
NS Medio=	B	(Tabla 6-23)
<b>NS de los Pelotones de la Vía Peatonal</b>		
$l_p=l+13,12=$	27.00	pt/min/m
NS de los pelotones=	C	(Tabla 6-23)

# SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA

## H. CÁLCULO DEL NIVEL DE SERVICIO EN LA CICLOVÍA

### Av. Arequipa cdra. 9

1) Encontrar la dirección

$$\begin{array}{lll} Vb=27*0.63= & 17 \text{ bicycles/h} & \text{S-N} \\ Vb=27*0.37= & 10 \text{ bicycles/h} & \text{N-S} \end{array}$$

2) Encontrar Fp (número de eventos que pasan en la misma dirección)

$$\begin{array}{lll} \text{Ec. 19-1 HCM 2000 } Fp = 0.188Vs & & \\ Fp = 0.188(17) = & 3 \text{ eventos/h} & \text{S-N} \\ Fp = 0.188(10) = & 2 \text{ eventos/h} & \text{N-S} \end{array}$$

3) Encontrar Fm (número de ventos en dirección opuesta)

$$\begin{array}{lll} \text{Ec. 19-2 HCM 2000 } Fm = 2Vo & & \\ Fm = 2(10) = & 20 \text{ eventos/h} & \text{S-N} \\ Fm = 2(17) = & 34 \text{ eventos/h} & \text{N-S} \end{array}$$

4) Encontrar F (número total de eventos en la ruta)

$$\begin{array}{lll} \text{Ec. 19-3 HCM 2000 } F = 0.5Fm + Fp & & \\ F = 0.5(20) + 3 = & 13 \text{ eventos/h} & \text{S-N} \\ F = 0.5(34) + 2 = & 19 \text{ eventos/h} & \text{N-S} \end{array}$$

5) Determinar NS

$$\begin{array}{lll} \text{Tabla 19-1 HCM 2000} & \text{NS A} & \text{S-N} \\ & \text{NS A} & \text{N-S} \end{array}$$

### Nota:

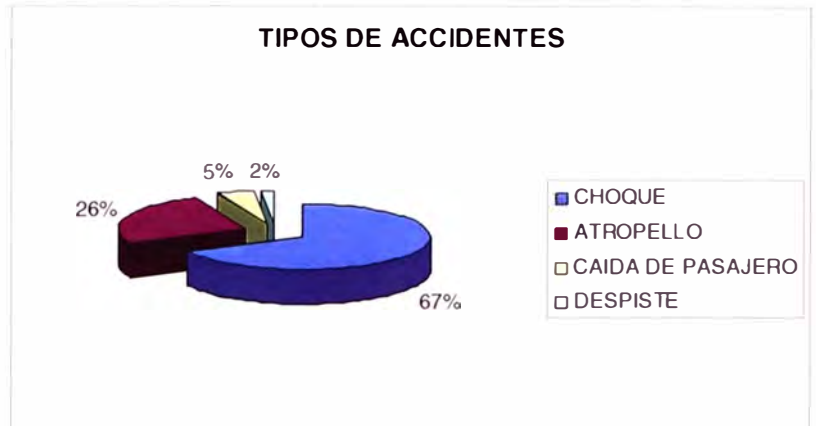
Eventos se define como el número de veces que una bicicleta está involucrado en pasar y el cumplimiento de maniobras, que está estrechamente relacionada con obstáculos



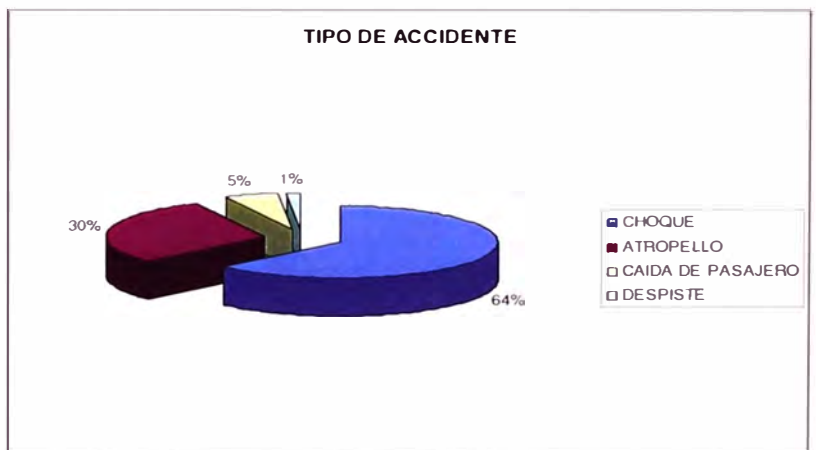
**SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE PARA OPTIMIZAR LA MOVILIDAD URBANA**

**I. TIPOS DE ACCIDENTES**

<b>AÑO 2005</b>	
<b>TIPO DE ACCIDENTE</b>	<b>CANTIDAD</b>
CHOQUE	42
ATROPELLO	16
CAIDA DE PASAJERO	3
DESPISTE	1
<b>TOTAL</b>	<b>62</b>



<b>AÑO 2006</b>	
CHOQUE	46
ATROPELLO	22
CAIDA DE PASAJERO	4
DESPISTE	1
<b>TOTAL</b>	<b>73</b>



<b>AÑO 2007</b>	
CHOQUE	47
ATROPELLO	17
CAIDA DE PASAJERO	6
DESPISTE	1
<b>TOTAL</b>	<b>71</b>

