



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

MAESTRÍA EN TRANSPORTES

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO
SEMAFÓRICO ADAPTIVO A SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE
”**

”

*TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE*

Juan Pablo Lojano Gutiérrez

AUTOR

**Quito – Ecuador
2013**



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRÍA EN TRANSPORTES

TÍTULO:

**“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO
SEMAFÓRICO ADAPTIVO A SISTEMAS INTEGRADOS DE
TRANSPORTE”**

AUTORES:

JUAN PABLO LOJANO GUTIERREZ

Este documento certifica que el presente trabajo es de mi autoría y no de otra persona, a menos que explícitamente sea reconocida en la misma (incluyendo citas de fuentes publicadas y no publicadas). El trabajo no ha sido presentado en forma alguna en otra institución para la evaluación de cualquier propósito.

Quito, Abril de 2013

JUAN PABLO LOJANO GUTIERREZ

C.I. 010253014 – 4



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRÍA EN TRANSPORTES

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

DECLARACIÓN y AUTORIZACIÓN

Yo, **JUAN PABLO LOJANO GUTIERREZ**, C.I. **010253014-4**, autor del trabajo de graduación titulado: **“PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SEMAFÓRICO ADAPTIVO A SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE”**, previa a la obtención del grado académico de **MAGISTER EN INGENIERIA DEL TRANSPORTE**, en la Facultad de **Ingeniería**:

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través de sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universidad.

Quito, Abril de 2013

Juan Pablo Lojano Gutiérrez

C.I. 010253014-4



Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Facultad de Ingeniería
MAESTRÍA EN TRANSPORTES

DEDICATORIA.

Juan Pablo Lojano Gutiérrez

Dedico esta tesis a las personas más importantes de mi vida, por su amor y apoyo siempre. A mis padres, que nos dieron la vida y que nos han convertido en lo que ahora somos. A mis hermanas y hermanos. Quienes me han brindado su apoyo constante e incondicional y es solo gracias a ellos que estamos alcanzando nuestros sueños y metas. A mis sobrinas que con su alegría hacen más llevadero nuestro trabajo. Y sobre todo a Dios nuestro creador que nos da la vida y la sabiduría para guiar nuestra vida por el buen camino.

AGRADECIMIENTO.

Luego de haber concluido esta investigación, expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que nos ayudaron en el desarrollo de la misma.

De manera muy especial a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, por brindarnos la oportunidad de incrementar nuestros conocimientos y formarnos como mejores seres humanos gracias por su ayuda y hacer posible el desarrollo del presente trabajo.

Gracias por el apoyo.

CONTADOR DE PALABRAS.

Número de páginas: 184

Número de palabras: 44200.

RESUMEN.

Se investigo los sistemas de control semafórico adaptativos que existen en la actualidad y que son de primera generación que han sido usados en varios proyectos para dar prioridad a los Sistemas de Transporte Público, y a partir de ello se analiza, la **PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO SEMAFÓRICO ADAPTIVO A SISTEMAS INTEGRADOS DE TRANSPORTE** basada en la recopilación de información del funcionamiento de los diferentes sistemas adaptativos, y la aplicación de los mismos a casos concretos de ciudades, además de la metodología para implementar una situación de prioridad para transporte publico.

Palabras clave: semáforo adaptativo, sistemas de control de trafico, Sistemas Inteligentes de Transporte ITS, Sistema de Ayuda a la explotación, la ingeniería de transporte, escenarios, Cuenca , Guayaquil.

ABSTRACT.

We investigated the adaptive traffic light control systems that exist today and that are first generation that have been used in several projects to give priority to Public Transport Systems, and from it is analyzed, the PROPOSAL FOR THE IMPLEMENTATION OF A a traffic light ADAPTIVE MODEL INTEGRATED tTRANSPORTATION from collecting performance information adpatativos different systems, and applying them to specific cases of cities, and the methodology for implementing a situation of public transport priority.

Keywords: adaptive traffic light, traffic control systems, ITS Intelligent Transportation Systems, System Operating aid, transportation engineering, scenarios, Cuenca, Guayaquil.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

CAPITULO 1:.....	17
ESTUDIOS PRELIMINARES PREVIOS A LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ADAPTATIVO	17
1.1 Concepto de Sistemas Semafóricos Adaptativos.	17
1.1.1 Definición de Semáforos Adaptativos	19
1.1.2 Ventajas de los Semáforos Adaptativos	19
1.1.3 Desventajas del Uso de Semáforos Adaptativos	19
1.1.4 Selección del tipo de Mecanismo de Control Adaptativo	20
1.2. REQUISITOS PARA IMPLEMENTAR UNA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA.	26
1.2.1 Filosofía del Control del Tránsito.....	26
1.2.2 Requisitos para implementar semáforos a tiempo fijo:.....	26
1.2.3 Requisitos para semáforos actuados.....	29
1.2.4. EFECTO DE ESTACIONAMIENTO SOBRE LA VÍA EN LA CAPACIDAD	32
1.3 Sistemas de Control de Transito.....	33
1.3.1 Tipos de Sistemas de Control de Semáforos	33
1.3.2 Tiempos para Sistemas de Semáforos Simples	34
1.3.3 Sistemas Simultáneos	34
1.3.4 Sistemas Alternados	35
1.3.6 Sistemas Progresivos	35
1.3.6. TIEMPOS DE SEMÁFOROS	35
1.3.7. Controladores de Estado Sólido	42
1.3.8 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE TIEMPOS PARA UN CONTROLADOR ACTUADO VOLUMEN/DENSIDAD DE OCHO FASES.	43
1.3.9 SEMÁFOROS ADAPTATIVOS CON RESPECTO A LOS DE TIEMPO FIJO.....	45
1.4 Implementación de un sistema de control de tránsito adaptativo.....	52
1.4.1 Conceptos básicos para la implementación de intersecciones:.....	52
1.4.2 Problemas Comunes en el Diseño de Semáforos:.....	53
1.4.3 Sugerencias para una Instalación Efectiva de Semáforos:	53
1.4.4 Récord de Semáforos	53

1.4.5 Función de los Detectores de Tránsito para el control de tránsito de manera adaptativa.....	54
1.4.6 Detectores de Lazo	55
1.4.7 Sistemas de Detección por video	57
CAPITULO 2:.....	64
TIPOS DE TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN.....	64
2.1 Comunicación por hilo de cobre.....	64
2.1.1 xDSL: Digital Subscriber Line.....	64
2.2. Redes inalámbricas.....	73
2.2.1. Introducción al Wi-Fi	73
2.2.2. Características	74
2.2.3. Funcionamiento de dispositivos Wi-Fi.....	75
2.3. Comunicación por fibra óptica	76
2.3.1. Estructura y funcionamiento de una red de fibra óptica	77
2.3.2. Tipos de redes xPON.....	78
2.3.3. Ventajas de las redes ópticas pasivas.....	79
2.4. Ventajas y Desventajas:.....	80
CAPITULO 3.....	82
SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁFICO ADAPTATIVOS.....	82
3.1 Sistema Adaptativo Scats.	82
3.1.1 Introducción	82
3.1.2. Configuración del sistema SCATS	82
3.1.3 Características de SCATS	83
3.1.4 Sistema de CTU para una ciudad mediante Scats.	84
3.1.5 Funcionamiento de Scats.....	87
3.1.6 Funcionalidades de SCATS	97
3.2 Sistemas de control de tráfico Scoot.....	100
3.2.1 Funcionamiento de Scoot.....	102
3.2.2 Desarrollo de Scoot	103
3.2.3 Diferencias entre Scoot y Sctas	107
3.3 Aplicación al caso de las ciudades de Cuenca y Guayaquil	109
3.3.1 Aplicación al caso de la ciudad de Cuenca	109
3.3.2 Aplicación al caso de la ciudad de Guayaquil-Ecuador:	115
CAPITULO 4.....	117

DETERMINACION DE LOS NIVELES DE SERVICIOS ÓPTIMOS	117
4.1.1. Determinación del tipo de solución	117
4.2 Calculo de ciclos óptimos preliminares	132
4.2.1 Ingreso de los tiempos máximos y mínimos,	132
4.2.2 Ingreso del Gap y Headway:	133
4.2.3 Ingreso de tiempos de despeje de Peatones.....	134
4.2.4 Calculo de Ciclos en Intersecciones Adaptativas:.....	135
4.2.5 Coordinación Semafórica :	139
4.3 Gestión de tráfico:	142
4.3.1 REDES:.....	143
4.3.2 Servicios:.....	145
4.3.3 Procesos de Información:	146
4.3.4 Aplicaciones Telemáticas para la gestión de tráfico.....	148
4.3.6. Gestión medioambiental:	152
4.4 Aplicación a un caso real, en la ciudad de Cuenca	153
4.4.1 Antecedentes con Criterio Técnico	153
4.4.2 Definir el área de estudio:	156
4.4.2 Definir estadística de tráfico del área de estudio:.....	158
4.4.2 Determinar puntos de conflicto entre el equipamiento urbano y el sistema vial:	162
4.4.2 Presentar soluciones a los problemas presentados:	166
CAPITULO 5:.....	170
DETERMINAR LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE PRIORIDAD A UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO MEDIANTE UN SISTEMA ADAPTATIVO SEMAFÓRICO.	170
5.1 Sistemas de prioridad mediante detección.....	170
5.1.1 Sistema de Detección	171
5.1.2 Tipos de detectores	171
5.1.3 Señalización de Prioridad para el paso de Sistema de Transporte Masivo:	172
5.1.4 Funcionamiento degradado	174
5.2 Sistema de detección mediante GPS.....	176
5.3 El Sistema de control de tráfico adaptativo como componente del Sistema de Ayuda a la Explotación de un Sistema Integrado de Transporte.	178

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 : Comparativo de ventajas e inconvenientes de tecnología ADSL

Tabla 2.2: Comparativo sobre las tecnologías ADSL.

Tabla 2.3: Velocidades típicas de VDSL en función de la distancia

Tabla 2.4: Velocidades en Mbps y Mbauds de VDSL asimétrica en sentido descendente con ANSI T1/E1.4

Tabla 2.5: Requerimientos de aplicaciones: ADSL vs VDSL.

Tabla 2.6: Tecnologías de comunicación

Tabla 2.7: Ventajas y desventajas de la comunicación por medio de hilo de cobre

Tabla 2.8: Ventajas y desventajas de la comunicación por medio de fibra optica

TABLA 3.1 Diferencias entre Scoot y Sctas.

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1.1. Longitud de Carriles a la Izquierda (Manual de Diseño de Vías Mexicano)
- Cuadro 1.2. Volumen Mínimo de Vehículos, Requisito 1
- Cuadro 1.3. Volumen Mínimo de Vehículos, Requisito 2
- Cuadro 1.4. Volumen Mínimo de Peatones, Requisito 3
- Cuadro 1.5 Criterios para la Prohibición de Estacionamientos en Calles Principales
- Cuadro 1.6 Tiempo perdido inicial por cada vehículo en la cola
- Cuadro 4.1, Cuadro de resumen diseño original
- Cuadro 4.2, Segunda propuesta de diseño, Cuadro resumen
- Cuadro 4.3, Tercera propuesta de diseño, Cuadro resumen
- Cuadro 4.4, Tercera propuesta de diseño, Cuadro comparativo

- Cuadro 4.5, Definir el estado actual de trafico por hora
- Cuadro 4.6: Definir parámetros de crecimiento
- Cuadro 4.7: Definir el trafico promedio diario anual actual
- Cuadro 4.8: Definir el trafico promedio diario anual proyectado

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Figura 1.1: Tiempo de despeje zona del dilema.
- Figura 1.2: Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Una Hora de Alta Demanda.
- Figura 1.3. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Dos Horas de Alta Demanda.
- Figura 1.4. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Cuatro Horas de Alta Demanda.
- Figura 1.5. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Ocho Horas de Alta Demanda.
- Figura 1.6 Diagrama Conceptual para Tiempos de Semáforos Actuados
- Figura 1.7 Diagrama Conceptual para tiempos de semáforos actuados.
- Figura 1.9 Diagrama Conceptual de Semáforos Actuados.
- Figura 1.10 Diagrama Conceptual de Semáforos Actuados
- Figura 1.11 Tipos de Intersección.
- Figura 1.12 Modos Mixtos de Operación
- Figuras 1.14 Configuración de Lazos y Área Muerta de los Lazos
- Figura 1.15 Configuración de intersección con detectores tipo lazo
- Figura 1.16 Esquema de ubicación de sensores
- Figura 1.17 Configuración de las obras civiles para corriente abajo
- Figura 1.18 Configuración de las obras civiles para corriente arriba y corriente media
- Figura 1.19: Esquema de la conexión eléctrica y electrónica de los sensores virtuales de video
- Figura 1.20: Esquema de configuración de los sensores virtuales de video
- Figura 1.21: Esquema de configuración de los sensores virtuales de video
- Figura 1.22: Esquema de configuración de los sensores virtuales de video
- Figura 1.23: Centrales de zona
- Figura 2.1 Familias distribuidas de tecnologías xDSL
- Figura 2.2 Tipos de canales de comunicación.
- Figura 2.3: Rango de frecuencias del ADSL y del ADSL 2.
- Figura 2.4: Grafico Capacidad – Distancia.
- Figura 2.5: Tipología VDSL
- Figura 2.6: Arquitectura mixta de LAN cableada e inalámbrica.
- Figura 3.1: Diagrama y definición del sistema
- Figura 3.2: Interfaces con el usuario
- Figura 3.3: Pantalla de información regional
- Figura 3.4: Pantalla de información de subsistema
- Figura 3.5: Pantalla de información de la intersección
- Figura 3.6: Pantalla de supervisión
- Figura 3.7: Editor de los planes de control de señal
- Figura 3.8: Suspensión de la Fase (Intervención Manual)
- Figura 3.9: Pantalla del estado de la Lámpara
- Figura 3.10: Información Del Controlador
- Figura 3.11: Estado de los Detectores

Figura 3.12: Subsistema
Figura 3.13: Cambio de contraseña
Figura 3.14: Alarmas
Figura 3.15: Ruta de derecho preferente
Figura 3.16: Volúmenes
Figura 3.17: Cambios en la duración del ciclo
Figura 3.18: Sistema de control Scoot
Figura 3.19: Funcionamiento de Scoot
Figura 3.20: Aplicación de Scoot
Figura 3.21: Funcionamiento de semáforos en Cuenca
Figura 3.22: Funcionamiento de semáforos en Cuenca
Figura 3.23: Plano de ubicación de intersecciones
Figura 3.24: Fusiones de fibra optica
Figura 3.25: Control de fibra óptica
Figura 3.26, Central Semafórica de Cuenca
Figura 3.27: Sistema de Control de Tráfico en Cuenca
Figura 3.28, Cambio de Planes
Figura 3.29, Monitoreo de congestión
Figura 3.30, Verificación de Comunicación
Figura 3.31, Control de Coordinación
Figura 3.32, Control de accesos
Figura 3.33, Control de alarmas
Figura 3.34, Determinación de Volúmenes de tráfico
Figura 3.35, Mapa de control ciudad Guayaquil
Figura 3.36, Estación de control ciudad Guayaquil
Figura 3.37, Control de Tráfico ciudad Guayaquil
Figura 3.38, Modulo de sensor instalado en Cuenca
Figura 3.39, Modulo de sensor instalado en Guayaquil
Figura 4.1, Esquema de diseño diseño original
Figura 4.2, Niveles de Servicio diseño original
Figura 4.3, Grados de Saturación diseño original
Figura 4.4, Longitudes de Cola diseño original
Figura 4.5, Segunda propuesta de diseño
Figura 4.6, Segunda propuesta de diseño, Niveles de servicio
Figura 4.7, Segunda propuesta de diseño, Grados de saturacion
Figura 4.8, Segunda propuesta de diseño, Longitudes de cola
Figura 4.9, Segunda propuesta de diseño, Fases semaforicas
Figura 4.10, Segunda propuesta de diseño, esquema de fases
Figura 4.11, Segunda propuesta de diseño, condiciones de adaptabilidad
Figura 4.12, Segunda propuesta de diseño, sensibilidad
Figura 4.13, Tercera propuesta de diseño
Figura 4.14, Tercera propuesta de diseño, Niveles de servicio
Figura 4.15, Tercera propuesta de diseño, Grados de saturacion
Figura 4.16, Tercera propuesta de diseño, Longitudes de cola
Figura 4.17, Tercera propuesta de diseño, Fases Semaforicas
Figura 4.18, Tercera propuesta de diseño, esquema de fases
Figura 4.20, Tercera propuesta de diseño, condiciones de adaptabilidad
Figura 4.21, Tercera propuesta de diseño, sensibilidad

Figura 4.22, Ingreso de Tiempos máximos y mínimos,
Figura 4.23, Ingreso de Gap y Headway
Figura 4.24, Ingreso de Tiempo para Peatones,
Figura 4.25, Calculo de Ciclos,
Figura 4.26, Registro de Volúmenes de Trafico,
Figura 4.27, Reparto de Fases Semafóricas,
Figura 4.28: Configuración de Intersección adaptativa, planeamiento
Figura 4.29: Configuración de Intersección adaptativa, formas de trabajo,
Figura 4.30: Ciclos máximos adaptativos
Figura 4.31: Coordinación Semafórica
Figura 4.32: Planes Adaptativos
Figura 4.33: Modelamiento en tiempo real mediante Sistema Sctas y Scoot.
Figura 4.34: Modelo de Manheim
Figura 4.35: Estructura de flujo de tiempo
Figura 4.36: Uso de espacio publico
Figura 4.37: Uso de espacio publico
Figura 4.38: Uso de espacio publico
Figura 4.39: Uso de espacio público, salida y entrada de parqueo publico genera colas de tráfico y congestión
Figura 4.40: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Figura 4.41: Uso de espacio público, areas de parqueo generan demoras y congestión, Calle Hermano Miguel, sección de vía de 3,5 m libre para circulación. Parques con un promedio de 1 hora y media de ocupación.

Figura 4.42: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Figura 4.43: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Figura 4.44: Esquema de prioridad de salida del trafico vehicular
Figura 5.1: Secuencia de Detección
Figura 5.2: Detectores de masa metálica
Figura 5.3: Detectores en base de radio frecuencia
Figura 5.4: Semáforos para indicar prioridad de paso
Figura 5.5: Semáforos para indicar prioridad de paso
Figura 5.6: Semáforos para indicar prioridad de paso
Figura 5.7: Falla del detector de rearme
Figura 5.8: Falla del detector de aproximación
Figura 5.9: Falla del detector de presencia
Figura 5.10: Esquema de Prioridad mediante GPS
Figura 5.11: Equipo OBC
Figura 5.12: Equipo de Control de Trafico
Figura 5.13: Sistema Semafórico como componente del SAE

CAPITULO 1:

ESTUDIOS PRELIMINARES PREVIOS A LA IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ADAPTATIVO

1.1 Concepto de Sistemas Semafóricos Adaptativos.

El objetivo de la presente tesis consiste en dar una Propuesta para la implementación de un Modelo Semafórico Adaptativo a Sistemas de Integrados de Transporte, para lo cual se describe las características y problemática propias del planeamiento de tráfico, así como una descripción de los sistemas de control de las intersecciones reguladas por semáforos, la aplicación de los Sistemas de Control de Tráfico a los Sistemas de Transporte y la priorización de los mismos dentro de la red de tráfico de las ciudades (ITS), que tiene como finalidad el obtener una Movilidad Sustentable.

El Sistema de Control Centralizado de Semáforos Adaptativo es un sistema que maneja intersecciones semaforizadas en función de la demanda de tráfico que la solicita. Su función principal es la de ajustar frecuentemente los parámetros de control (ciclo, reparto y desfase), minimizando así, la demora en toda la red centralizada a partir de los datos obtenidos de los detectores. Su objetivo es mantener un tráfico global fluido (coordinación de red) y eficiente en cada intersección.

Los Sistemas de Control de Tránsito Urbano adaptativos en tiempo real tradicionalmente se basan en algoritmos que pretenden optimizar los valores de funcionamiento globalmente para un área. Estos sistemas operan recolectando datos de cada una de las intersecciones, los cuales se transmiten hacia un computador central donde se calculan los mejores parámetros de funcionamiento para cada una de ellas. Estos nuevos parámetros son transmitidos hacia cada uno de los controladores de tránsito, los que se ajustan a las nuevas condiciones (ref. 1)

El aumento del parque automotor de las ciudades a nivel mundial, exige de sistemas de control del tráfico eficientes y adaptables a las condiciones reales de los lugares donde se requiere algún tipo de control, por ello los Sistemas de Control de Tráfico, se encaminan a lograr unos objetivos generales de mejora en la circulación de vehículos y sobre todo dar seguridad a los peatones que se pueden resumir en los siguientes parámetros:

- a.- Obtener una adecuada máxima en los tiempos de los semáforos, mediante un sistema que sea capaz de adaptarse a las condiciones del tráfico en tiempo real.
- b.- Proporcionar a los usuarios la información necesaria para conseguir una utilización eficiente de la red vial, a fin de aumentar su nivel de confort en la conducción.

La tarea de control del tráfico vehicular, ya sea en el casco urbano o interurbano, constituye una de las actividades principales para el ordenamiento del tráfico con

diversas finalidades que benefician a los residentes de grandes comunidades. La implementación de los sistemas de control comienzan a ser utilizados, principalmente, como medida preventiva en la producción de accidentes viales, empleando los sistemas de control como elemento del tráfico de una ciudad, capaz de condicionar de la mejor manera posible “coaccionado” sobre sus usuarios a fin de evitar que estos sean protagonistas de un accidente.

Dentro del campo del control de tránsito urbano, la creación de un sistema capaz de realizar un reparto óptimo de las fases de los semáforos que gobiernan el tráfico de una red vial, ha sido tema de investigación desde la década del 60 del siglo pasado, constituyendo además este tópico, una de las tareas principales de estudio dentro de lo que se conoce como “Ingeniería del Trafico”.

Si bien es cierto que existen en la actualidad sofisticados diseños de sistemas de control del tráfico a los que se recurren para la solución del problema planteado, como lo es la utilización de redes neuronales, existen dos cuestiones fundamentales a tener en cuenta al momento del diseño de un sistema de control adaptativo:

1. La primera de ellas tiene que ver con una realidad física; teniendo en cuenta que las redes viales, cuales quiera sea su diseño y/o constitución soportan un flujo vehicular máximo y una densidad máxima definida por sus dimensiones, cantidades de carril y condiciones del tráfico. En este último aspecto quedan incluidos los tipos de virajes, sentidos de circulación, las paradas restringidas, estacionamientos, etc. es decir todas aquellas pautas o normativas aplicadas que definen fundamentalmente el sentido y tipo de las direcciones del flujo. Todos nos indica que por más óptimo que resulte el sistema, no es posible mejorar el rendimiento del flujo vehicular mas allá de las limitaciones físicas impuestas por el diseño de la vía y sus normativas de circulación, salvo que estas se modifiquen.
2. El segundo aspecto a considerar al momento de realizar un diseño de control del tráfico, está vinculado con la naturaleza del fenómeno vehicular. Este, lejos está de poder ser enfocado desde la perspectiva de un modelo determinista y a pesar de que otros autores han intentado modelarlo, siempre tuvieron presente las limitaciones de los modelos que explican la conducta vehicular y el grado de utilidad de estos modelos. Y todo esto porque siempre está presente el factor humano el cual presenta siempre un alto grado de incertidumbre. Luego podemos decir que existe un tercer factor a tener en cuenta en función de los dos anteriores, el cual esta relacionado con el costo de inversión y la disponibilidad de recursos económicos por parte de las autoridades oficiales responsables de la implementación del sistema.

1.1.1 Definición de Semáforos Adaptativos

Semáforos son los dispositivos de control del tránsito que son operados por: una fuente de poder, una fuente de control de lámparas, una fuente de procesamiento de datos, un sistema de detección vehicular (inductivo, electromagnético, video-detección), que permiten realizar procesamiento de datos referentes al tráfico de la intersección mediante lógicas de tráfico, cuyos resultados son enviados al conductor mediante señales lumínicas (rojo, amarillo, verde) que sirven para informar a los conductores, dar indicaciones o ayudarlos a tomar decisiones. (ref. 2)

1.1.2 Ventajas de los Semáforos Adaptativos

- Hacen que el tránsito se desenvuelva de manera ordenada, asignando el derecho de vía a diversos movimientos, permitiendo que el tránsito sea seguro y efectivo a través de las intersecciones siempre tomando en cuenta lo indicado a lo referente al buen diseño de un sistema semafórico indicado anteriormente.
- Aumentan la capacidad vial de las intersecciones si están diseñados correctamente.
- Proveen una progresión a través de corredores a determinada velocidad si están correctamente coordinados.
- Permiten el flujo de tránsito de calles menores a través de arterias mayores y más congestionadas.
- Reducen algunos accidentes, en particular accidentes en ángulo recto.
- El uso de semáforos es más económico y eficiente que cualquier tipo de control manual.

1.1.3 Desventajas del Uso de Semáforos Adaptativos

- Causan demoras excesivas si no se diseñan apropiadamente.
- Pueden crear falta de respeto por las señales de tránsito si no son diseñados con propiedad y si son instalados donde no son necesarios.
- Si no son diseñados de manera que sean efectivos y eficientes en el control del tránsito, entonces pueden crear desvíos hacia otras vialidades alternas donde quizás no se desee tránsito adicional.
- Pueden aumentar la frecuencia de accidentes en intersecciones, en particular alcances por detrás.

1.1.4 Selección del tipo de Mecanismo de Control Adaptativo

La selección del tipo de control para una intersección adaptativa es un proceso particular para cada caso. Cada situación es diferente y debe ser estudiada detalladamente antes de seleccionar el tipo de control adecuado para ella. Sin embargo, a continuación en el siguiente capítulo se enumeran una serie de requisitos para la instalación de un semáforo. Si una intersección no reúne los requisitos que se enumeran, entonces debe ser usado otro tipo de dispositivo para el control del tránsito (señal de alto, ceda el paso, etc.).

1.1.4.1 Requisitos para implementar una intersección semaforizada.

El objetivo de esta sección es que su contenido sirva de guía para el diseño, sin embargo, lo que aquí se expone variará al aplicarse, de manera que se ajuste a casos particulares.

En el diseño de intersecciones semaforizadas se debe considerar lo siguiente:

- Tiempo requerido para mover los vehículos
- Tiempo requerido para mover a los peatones
- Tiempo requerido para desalojar la intersección

Intervalo de Desalojo de la Intersección: La función del intervalo de desalojo es la de prevenir a los conductores respecto a que se aproxima un cambio en la asignación del derecho de paso (se aproxima el intervalo rojo). Los conductores deben tomar la decisión de pararse, o continuar desalojando la intersección para permitir el paso de los movimientos que siguen.

Zona de Decisión: Es una área cerca de la intersección dentro de la cual un vehículo no puede pararse con seguridad o desalojar la intersección sin acelerar antes del inicio del intervalo rojo.

El cálculo de un intervalo de desalojo que minimice la zona de decisión está dado por la ecuación siguiente (ref. 2):

$$AMAR = t + \frac{v}{2a} + \frac{ANCH. + L}{v}$$

donde,

AMAR.= Intervalo de desalojo (segundos)

t = tiempo de percepción y reacción (seg.), por lo general 1.0 seg.

v = velocidad del acceso (mts./seg.)

a = tasa de desaceleración (mts/seg²), por lo general 4 mts/seg²

ANCH.= ancho de la intersección (mts.)

L = longitud del vehículo (mts.), por lo general 6 mts.

El rango del intervalo amarillo o de desalojo se encuentra entre 3 y 6 segundos. Cuando se usan valores mayores a los 6 segundos para el intervalo amarillo, éste es usado por los conductores como una parte del intervalo verde y puede crear impaciencia en los conductores del acceso conflictivo. La figura 1.1 ilustra la ecuación anterior.

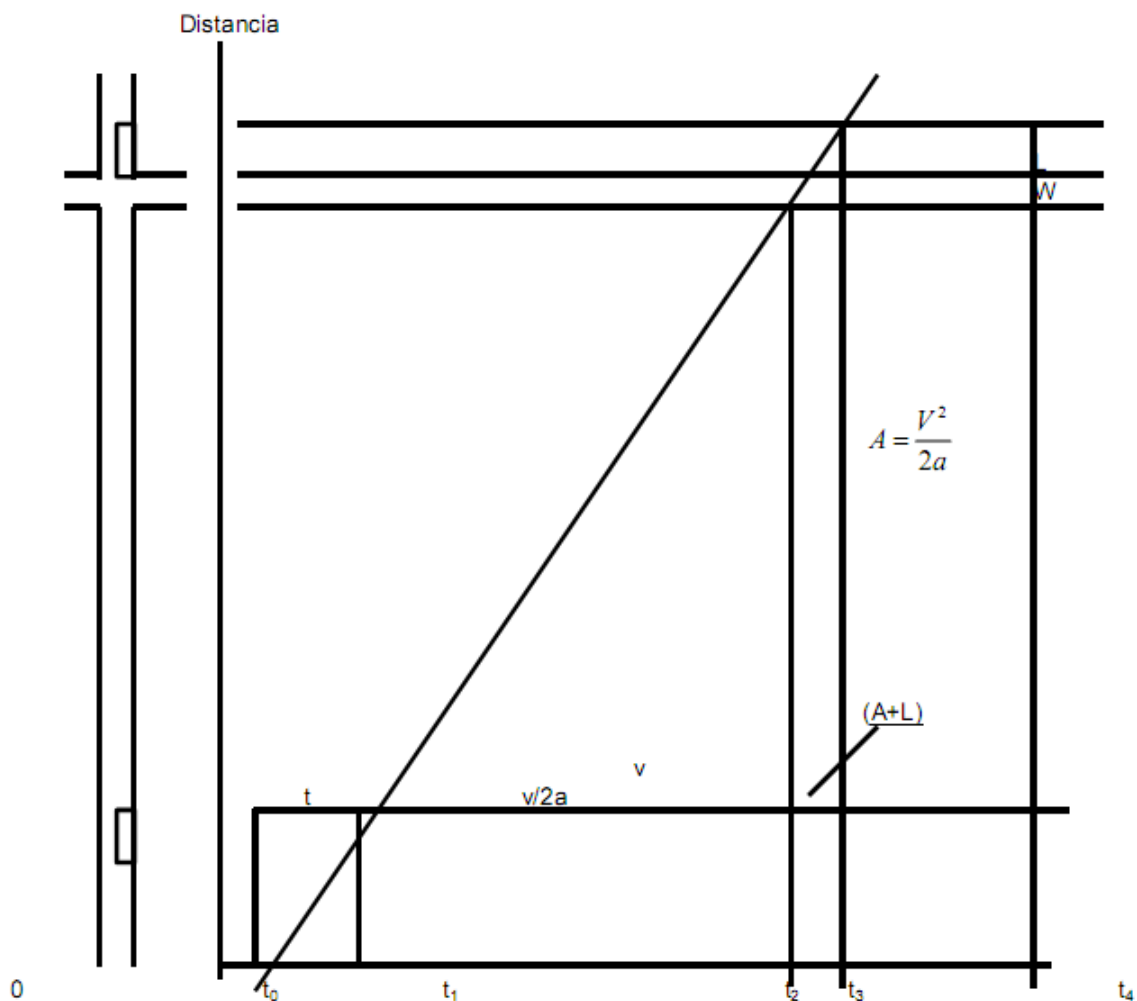


Figura 1.1: Tiempo de despeje zona del dilema
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

- t0 = instante en el cual el semáforo se torna amarillo
- t1 = instante en el cual el conductor reacciona
- t2 = instante en el cual el vehículo llega a la intersección
- t3 = instante en el cual el vehículo desaloja la intersección
- t4 = instante en el cual el vehículo se detiene en la intersección

Requerimientos del Intervalo Verde para Vehículos

La longitud del intervalo verde para vehículos es una función directa de los volúmenes críticos por carril, los intervalos de saturación y el tiempo que se pierde al iniciar y parar la cola. La figura 1.1 del diagrama de espacio/tiempo para un semáforo de dos fases ilustra el comportamiento del tránsito en intersecciones semaforizadas.

Ciclos y Fases

La distribución de los tiempos de los intervalos verdes puede ser estimada usando las ecuaciones siguientes (ref 3):

$$C = \frac{LX_c}{X_c - \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}}$$

$$(verd. \text{ efect.} = v_i C / s_i \quad X_i = (v/s)_i (C/X_i)$$

Donde:

C = longitud del ciclo, en seg;

L = tiempo perdido por ciclo;

Xc= proporción volumen capacidad (v/c) crítica para la intersección;

Xi = proporción v/c para el grupo de carriles i;

(v/s)i= proporción volumen/saturación para el grupo de carriles i;

(verd.efect.) = verde efectivo para el grupo de carriles i., en segundos. referencias

Las longitudes de ciclo y los tiempos verdes pueden ser estimados utilizando las relaciones anteriores.

Longitud del Ciclo Optimo: es la longitud de ciclo que produce las demoras mínimas para una intersección. Se calcula utilizando la ecuación siguiente:

$$C = \frac{1.5 L + 5}{1 - i \left(\frac{v}{s}\right)_{ci}}$$

donde, $L = nI + R$, en segundos;

$n = N^{\circ}$. de fases;

$I =$ promedio del tiempo perdido por fase, en seg.;

$R =$ sumatoria de los intervalos de todo rojo por ciclo, en seg.;

Por lo general, el ciclo óptimo para una intersección en particular se encuentra entre los siguientes límites:

$$0,75 C_o \leq C_o \leq 1,50 C_o$$

Las longitudes de ciclo deben estar entre 40 segundos y 120 segundos. Longitudes de ciclo fuera de estos valores son muy cortas o muy largas, pero como se ha indicado anteriormente cada problema tiene una solución particular y dependerá del problema tratado.

1.1.4.2 SUGERENCIAS PARA ESTIMAR ELEMENTOS DE DISEÑO DE LA GEOMETRÍA DE INTERSECCIONES

Algunas de las sugerencias que se presentan a continuación, están contenidas en el Manual de Capacidad Mexicano. Lo indicado en esta sección son sugerencias que se consideran útiles, pero no deben ser tomadas como estándares estrictos para el diseño de intersecciones, el caso que se va abordar es el referente a los carriles de giro izquierdo pues representan uno de los mayores problemas a resolver por los Ingenieros de Trafico.

Carriles Exclusivos para Vueltas a la Izquierda

Los carriles exclusivos para vueltas a la izquierda son usados para servir a altos volúmenes de vuelta izquierda, de manera que no interfieran en los flujos de vehículos de frente y a la derecha. A continuación se presenta una serie de sugerencias para proveer carriles exclusivos de vuelta a la izquierda (ref. 2):

1. Cuando exista una fase exclusiva para vueltas a la izquierda se debe proveer un carril exclusivo de vuelta.

2. Cuando el espacio lo permita se debe considerar la construcción de un carril de vuelta a la izquierda, cuando los volúmenes de vuelta a la izquierda excedan 100 vph.

3. Cuando los volúmenes de vuelta a la izquierda excedan 300 vph., se debe considerar la construcción de carriles dobles para vueltas a la izquierda.

4. La longitud del carril de vuelta a la izquierda debe ser lo suficientemente larga para manejar el tránsito de vuelta izquierda, de manera que no reduzca la seguridad y la capacidad del acceso. A continuación se presenta una metodología para la determinación de la longitud de carriles de vuelta a la izquierda.

Procedimiento para el diseño de la longitud de carriles de vuelta a la izquierda

Existen varios métodos para la determinación de la longitud adecuada para carriles de vuelta izquierda. Las distribuciones Poisson proveen una metodología bastante conveniente para este fin.

Es recomendable que la longitud de los carriles de vuelta a la izquierda sea diseñada de manera que el número de vehículos que deseen hacer un vuelta a la izquierda exceda la capacidad del carril de vuelta izquierda sólo un 5% del tiempo.

El procedimiento para determinar la longitud (L) de un carril de vuelta a la izquierda basado en una distribución probabilística (Poisson) se ilustra a continuación:

- Calcular m, el número medio de vehículos por intervalo, de la siguiente forma:

$$x = \frac{D \times I}{3600}$$

donde,

D = volumen horario de diseño de los vehículos que hacen un vuelta a la izquierda.

I = intervalo de tiempo. Se recomienda usar 60 segundos en áreas rurales y 90 segundos en áreas urbanas y suburbanas. Sin embargo, se pueden usar otros valores, dependiendo de las fases de semaforización.

- En el cuadro 1.1, con el valor calculado de m, se puede obtener el valor de "x", que es el número máximo probable de vehículos que lleguen al carril durante el intervalo dado. Estos valores son obtenidos de una distribución Poisson, de manera que la probabilidad de que "x" sea excedida es de sólo un 5% de las veces.

- Asumiendo una longitud de vehículos de 7.5 metros, el valor de "x" se multiplica por 7.5 metros para obtener la longitud "L", la longitud requerida para el carril a la izquierda en metros. Nótese que el valor de 7.5 metros para cada vehículo puede variar dependiendo del tipo de vehículo escogido para el diseño.

Ejemplo.

Dado un volumen horario de diseño (VHD) = 486 vph., de vehículos que giran a la izquierda en una área urbana, calcular la longitud del carril de vuelta adecuada, de manera que su capacidad no se exceda más de un 5% de las veces.

Solución:

$m = (486 \times 90)/3600 = 12.2$ (número medio de vehículos para un intervalo de 90 seg.)

De la tabla 1.1 se obtiene que $x = 19$, por lo tanto el número de vehículos que lleguen al carril durante el intervalo dado excederá la capacidad del carril solo un 5% de las veces si:

$$L = 7.5 \times 19 = 142.5 \text{ m aproximados a } 145 \text{ m}$$

Cuadro 1.1. Longitud de Carriles a la Izquierda (Manual de Diseño de Vías Mexicano)

Número Medio de Vehículos por Intervalo (m)	95 % Número Máximo Probable de Vehículos durante el mismo Intervalo (x)	Longitud del Carril a la Izquierda en metros (L)
0.1 a 0.3	2	15
0.4 a 0.8	3	25
0.9 a 1.3	4	30
1.4 a 1.9	5	40
2.0 a 2.6	6	45
2.7 a 3.3	7	55
3.4 a 4.0	8	60
4.1 a 4.7	9	70
4.8 a 5.4	10	75
5.5 a 6.2	11	85
6.3 a 7.0	12	95
7.1 a 7.8	13	100
7.9 a 8.6	14	110
8.7 a 9.4	15	115
9.5 a 10.2	16	120
10.3 a 11.0	17	130
11.1 a 11.8	18	140
11.9 a 12.6	19	145
12.7 a 13.4	20	150
13.5 a 14.2	21	160
14.3 a 15.0	22	170

Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

Nótese que vehículos opuestos que deseen girar a la izquierda pueden obstruir la visibilidad de los vehículos opuestos a ellos en el acceso opuesto. Si la

obstrucción de visibilidad es crítica (no suficiente para la velocidad de diseño de la vialidad), este hecho debe ser tomado en cuenta en el diseño de fases.

Carriles de Vuelta a la Derecha

Por lo general, los carriles de circulación de vuelta a la derecha se construyen por las mismas razones que los carriles de circulación de vuelta a la izquierda. Sin embargo, los vueltas a la derecha son más eficientes que los movimientos a la izquierda, teniendo como tránsito conflictivo sólo a flujos de peatones y no a tránsito vehicular. Como una sugerencia general, se debe considerar la construcción de carriles de circulación exclusivos a la derecha cuando el volumen de vuelta a la derecha exceda los 300 vph y el volumen adyacente recto también exceda 300 vehículos por hora por carril.

1.2. REQUISITOS PARA IMPLEMENTAR UNA INTERSECCIÓN SEMAFORIZADA.

1.2.1 Filosofía del Control del Tránsito

Existen dos tipos de métodos para el control del tránsito: métodos formales e informales. Los métodos formales para el control del tránsito incluyen el uso de señales, demarcación en el pavimento y semáforos. Los métodos informales son la geometría de la vialidad, experiencias personales, otros vehículos y conocimientos previos. Se asume que el método más importante es el método formal de señales para el control del tránsito, demarcación y uso de semáforos.

Sin embargo, los métodos formales son la última alternativa cuando el conductor no tiene acceso a fuentes de información informal.

1.2.2 Requisitos para implementar semáforos a tiempo fijo:

1.2.2.1 Volumen Mínimo de Vehículos: Se usa cuando el volumen del tránsito que intercepta es la razón principal para considerar la instalación de un semáforo.

Cuadro 1.2. Volumen Mínimo de Vehículos, Requisito 1

Número de Carriles en cada Acceso		Vehículos por hora en vía ppal. ¹ (Total de ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la vía menor. ¹ (en una sola dirección)
Vía Principal	Vía Secundaria		
1	1	500	150
2 o más	1	600	150
2 o más	2 o más	600	200
1	2 o más	500	200

Fuente: MUTCD

Use sólo el 70% de estos volúmenes para los siguientes casos:

1. Las velocidades en el acceso (85 percentil, ver capítulos sobre velocidades instantáneas y análisis estadísticos) son mayores a los 65 kph.
2. Intersecciones aisladas en comunidades rurales.

Nota: Los volúmenes en el cuadro anterior son para las mismas 8 horas. Es decir, durante estas 8 horas, la dirección del volumen mayor en la vía secundaria puede estar en un acceso durante algunas horas y en el acceso opuesto en otras horas.

1.2.2.2 Interrupción del Flujo Continuo del Tránsito: Se usa cuando el tránsito en la vía secundaria sufre demoras excesivas o altos riesgos al cruzar la vía principal.

Cuadro 1.3. Volumen Mínimo de Vehículos, Requisito 2

Número de Carriles en cada Acceso		Vehículos por hora en vía ppal. ¹ (Total de ambos accesos)	Vehículos por hora en el acceso de mayor volumen de la vía menor. ¹ (en una sola dirección)
Vía Principal	Vía Secundaria		
1	1	750	75
2 o más	1	900	75
2 o más	2 o más	900	100
1	2 o más	750	100

Fuente: MUTCD

Use solo el 70% de estos volúmenes para los siguientes casos:

1. Las velocidades en el acceso (85 percentil, ver capítulos sobre velocidades instantáneas y análisis estadísticos) son mayores a los 65 kph.
2. Intersecciones aisladas en comunidades rurales.

Nota: Los volúmenes en el cuadro anterior son para las mismas 8 horas. Es decir, durante estas 8 horas, la dirección del volumen mayor en la vía secundaria puede estar en un acceso durante algunas horas y en el acceso opuesto en otras horas.

1.2.2.3 Volumen Mínimo de Peatones: Se usa cuando existe un número significativo de peatones que desean cruzar una calle y el volumen de vehículos de la calle es tal que les impide cruzar la calle sin demoras excesivas o con altos riesgos.

Cuadro 1.4. Volumen Mínimo de Peatones, Requisito 3

	Vehículos por hora en vía principal	Peatones por hora cruzando la vía principal
Sin Isla Central	600	150
Con Isla Central mayor o igual que 1 m	1000	150

Fuente: MUTCD

Use sólo el 70% de estos volúmenes para los siguientes casos:

1. Las velocidades en el acceso (85 percentil, ver capítulos sobre velocidades instantáneas y análisis estadísticos) son mayores a los 65 kph.
2. Intersecciones aisladas en comunidades rurales.

Nota: Los requisitos de volúmenes deben ser cumplidos durante las mismas 8 horas para ambos; vehículos y peatones.

1.2.2.4 Experiencia de Accidentes: Es usada para justificar la instalación de un semáforo cuando en un periodo de 12 meses han ocurrido más de cinco (5) accidentes que puedan ser corregidos con la instalación de un semáforo; los volúmenes de vehículos y peatones no son menores del 80% de los requisitos anteriormente descritos y la instalación del semáforo no interrumpe seriamente la progresión del flujo de tránsito.

1.2.2.5. Cruces Escolares: Se instala un semáforo cuando en un estudio de la frecuencia de brechas adecuadas (distancia entre un bloque de vehículos y el siguiente) en el flujo de vehículos, relacionadas con el número y tamaño de los grupos de niños cruzando las calles, es menor al número de minutos que dura el estudio.

1.2.2.6. Progresión: Se justifica la instalación de un semáforo cuando es necesario mantener las agrupaciones y velocidades de vehículos apropiadas para obtener flujo continuo de vehículos en una calle. Idealmente, no se deben instalar semáforos a menos de 300 mts entre uno y otro.

1.2.2.7. Sistemas: Se justifica la instalación de un semáforo cuando la intersección común de dos rutas principales tienen un volumen existente de 800 vph durante las horas pico de cualquier día típico de la semana o en cada una de cinco horas en un sábado o domingo.

1.2.3 Requisitos para semáforos actuados: Este requisito se usa cuando no se cumplen completamente ninguno de los requisitos anteriores y hay horas pico impredecibles en el total de ambos accesos de la calle principal o en el acceso de mayor volumen en la calle secundaria. Se justifica la instalación de un semáforo actuado cuando se cumple cualquiera de las condiciones de volumen que se enumeran a continuación (ref. 5):

a. Por una hora de un día promedio (cualquier periodo de cuatro intervalos de 15 minutos consecutivos), el punto que representa a los vehículos por hora de la calle principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora correspondientes al volumen más alto de la calle menor (solo una dirección), está sobre la curva correspondiente en la figura 1.2. Los volúmenes de las calles principal y secundaria son para la misma hora.

Figura 1.2. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Una Hora de Alta Demanda

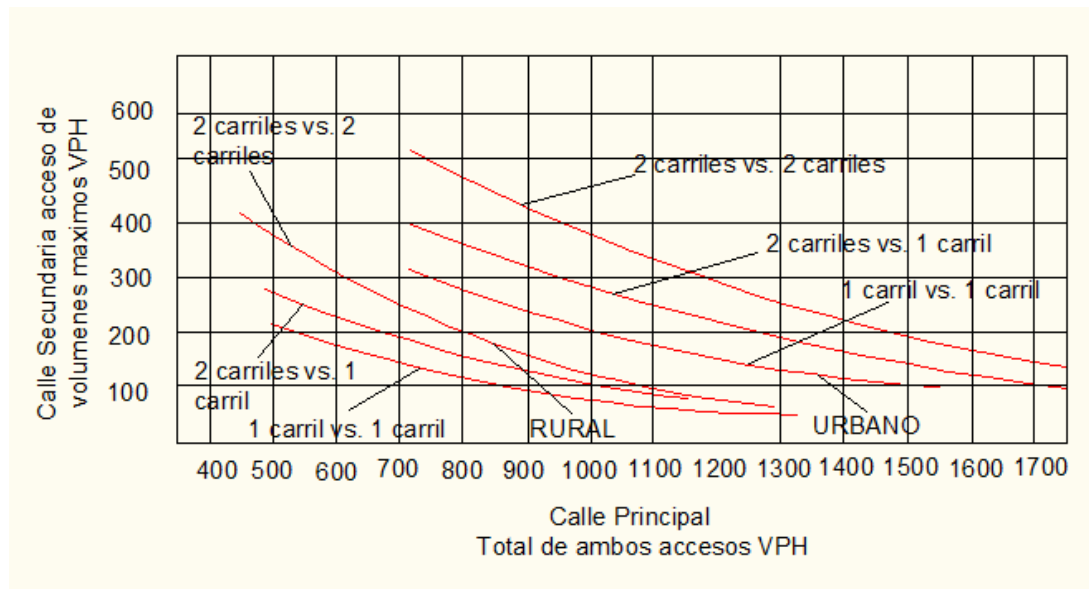


Figura 1.2
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

b. Para cada una de cualquiera de dos horas de un día promedio, el punto que representa a los vehículos por hora de la calle principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora correspondientes al volumen más alto de la calle menor (solo una dirección), está sobre la curva correspondiente en la figura 1.3. Los volúmenes de las calles principal y secundaria son para las mismas dos horas.

Figura 1.3. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Dos Horas de Alta Demanda.

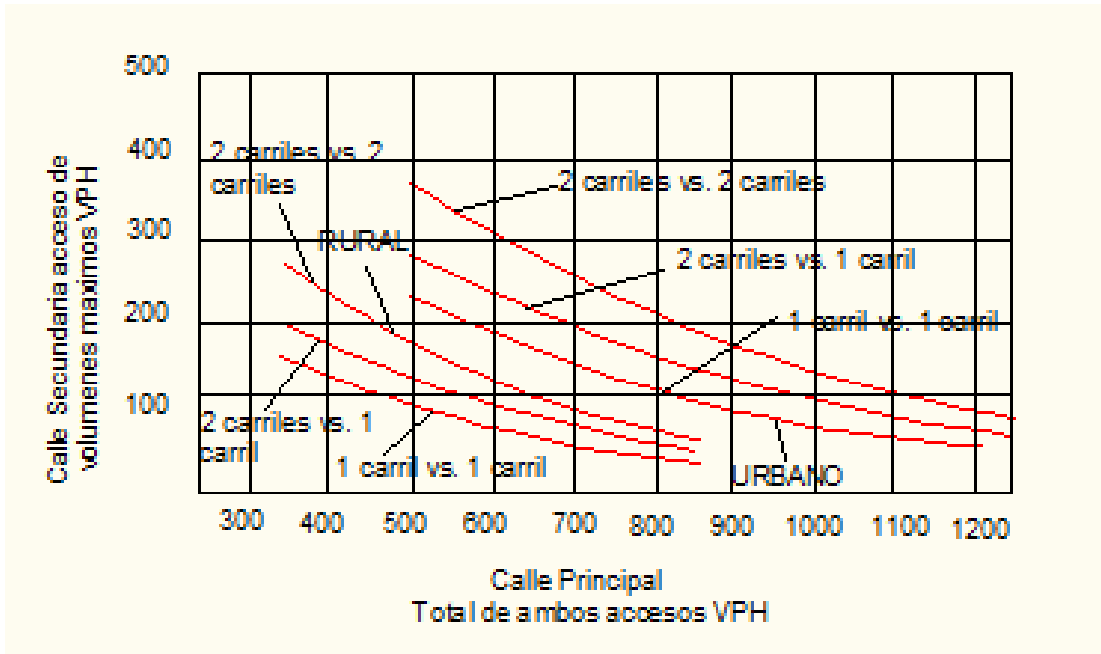


Figura 1.3
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

c. Para cada una de cualquiera de cuatro horas de un día promedio, el punto que representa a los vehículos por hora de la calle principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora correspondientes al volumen más alto de la calle menor (solo una dirección), está sobre la curva correspondiente en la figura 1.4. Los volúmenes de las calles principal y secundaria son para las mismas cuatro horas.

Figura 1.4. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Cuatro Horas de Alta Demanda.

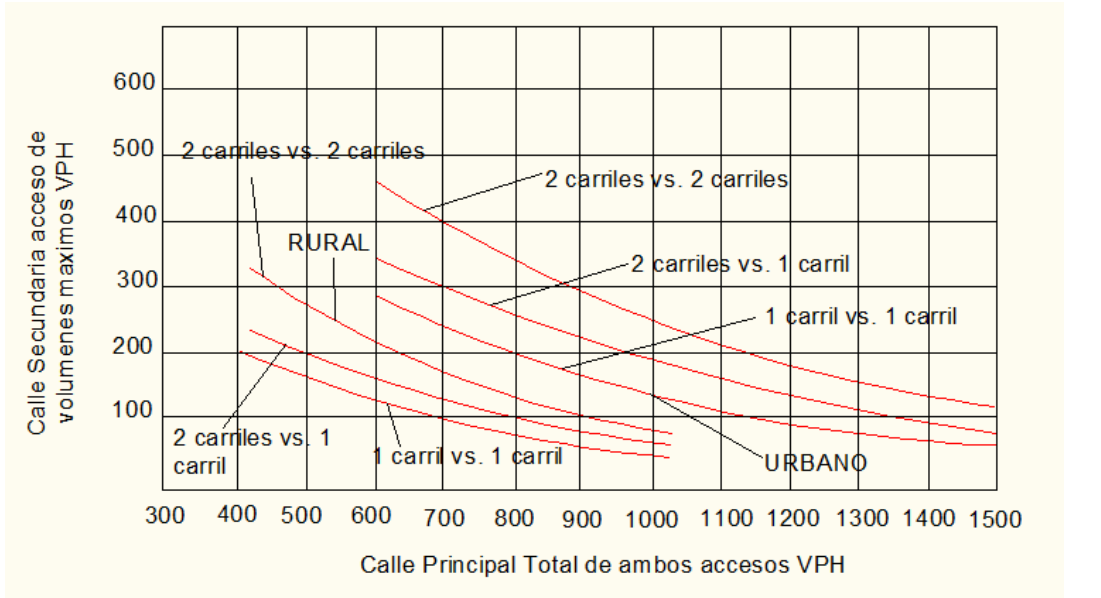


Figura 1.4
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

d. Para cada una de cualquiera de cuatro horas de un día promedio, el punto que representa a los vehículos por hora de la calle principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora correspondientes al volumen más alto de la calle menor (solo una dirección), está sobre la curva correspondiente en la figura 1.4. Los volúmenes de las calles principal y secundaria son para las mismas cuatro horas.

Figura 1.5. Requisitos para la Instalación de Semáforos Actuados. Ocho Horas de Alta Demanda.

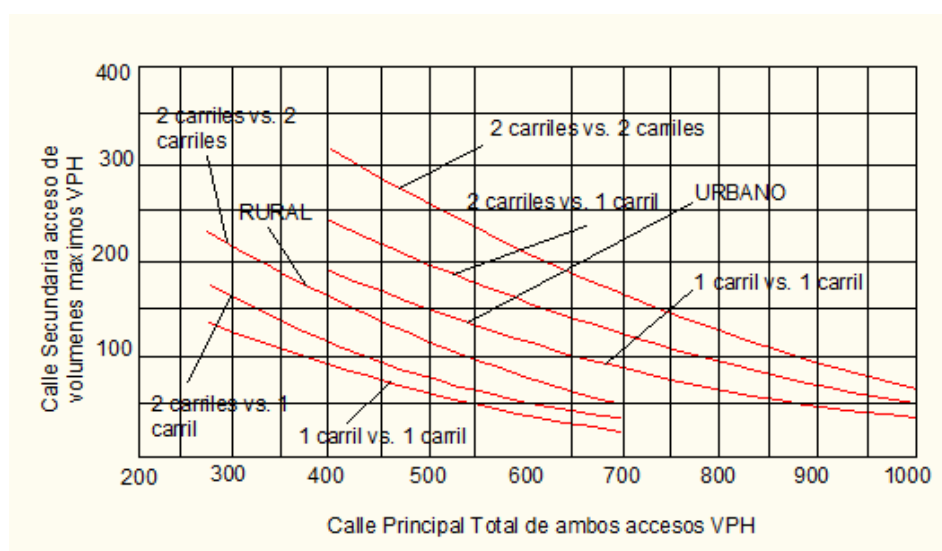


Figura 1.5
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

5. Para cada una de cualquiera de ocho horas de un día promedio, el punto que representa a los vehículos por hora de la calle principal (total de ambos accesos) y los vehículos por hora correspondientes al volumen más alto de la calle menor (solo una dirección), está sobre la curva correspondiente en la figura 1.5. Los volúmenes de las calles principal y secundaria son para las mismas ocho horas.

Cuando la velocidad correspondiente al 85 percentil del tránsito de la calle principal excede 65 KPH, en una zona urbana o rural, o cuando la intersección está en una comunidad aislada de menos de 10000 habitantes, entonces se deben usar las curvas para zonas rurales.

Los requisitos descritos pueden ser usados en conjunto (Manual Panamericano de Dispositivos para el Control del Tránsito, Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la SCT y Manual of Uniform Traffic Control Devices de la FHWA).

Si se decide instalar equipos de control actuado, se debe considerar el uso de equipo completamente actuado en vez de semiactuado. El diseño de controles semiactuados tiende a penalizar al tránsito en la calle principal ya que no se le transmite al controlador ninguna información relacionada con el volumen vehicular de la calle principal (ref. 5).

1.2.4. EFECTO DE ESTACIONAMIENTO SOBRE LA VÍA EN LA CAPACIDAD

Dentro de los requisitos para semaforizar intersecciones siempre debe tomarse en cuenta el tema de estacionamiento en la vía pues estudios de capacidad realizado en diferentes países como México, EEUU, han concluido que calles típicas con estacionamiento tienen sólo dos tercios de la capacidad de aquellas calles donde se prohíbe el estacionamiento (ref. 5). El efecto de estacionamiento sobre la vía varía con el número de carriles y con la condición de sitios en el medio de la cuadra o en la intersección.

Las maniobras de estacionamiento bloquean carriles de circulación, además de utilizar un carril de la calzada lo cual incide en forma notable en el desenvolvimiento de los semáforos. Calles locales con calzadas menores de 5 metros requieren de prohibición de estacionamientos todo el tiempo.

Por lo general, se debe dejar un mínimo de 3.50 metros para la circulación de tránsito en un solo sentido y 7 metros para ambos sentidos. El cuadro 1.5 presenta una serie de requerimientos para prohibir el estacionamiento sobre la vía.

Cuadro 1.5 Criterios para la Prohibición de Estacionamientos en Calles Principales

Tipo de Prohibición	Numero máximo de vehículos por hora por carril cuando el estacionamiento es permitido (una dirección de flujo)	
	1 carril	2 o mas carriles
Prohibición en toda la cuadra	400	600
Prohibición en la intersección hasta 50 mts ambos lados de la intersección (llegada y salida)	300	500

Fuente: MUTCD
ELABORADO: Ing. Juan Lojano

Con este punto se llama la atención para cuando se presente este tipo de situaciones en la vía, conjuntamente con la implementación de la semaforización las soluciones al parqueo deben estar presentes, pues las mismas inciden en el normal desenvolvimiento del flujo vehicular.

1.3 Sistemas de Control de Transito

Concepto de Sistema

"Un sistema de control de tránsito es un conjunto de métodos, técnicas, y equipos usados para coordinar el flujo de tránsito dentro de un área definida o a lo largo de una vialidad" (ref. 5). El objetivo principal de un sistema de tránsito es el de proveer un movimiento continuo del tránsito a través de intersecciones semaforizadas con un mínimo de demoras. Este objetivo se logra proveyendo en cada semáforo un plan de tiempos apropiado que también trabaje en conjunto con todas las intersecciones semaforizadas del sistema. Los planes de tiempos indicados consisten de las siguientes partes:

- **Ciclo del Sistema:** una longitud de ciclo específico que se adopta para todo el sistema.
- **Reparto de Tiempos:** a cada intersección semaforizada del sistema se le asigna un reparto de tiempo que depende de la demanda de tránsito. El reparto de tiempos se refiere a la porción del ciclo que se le asigna a cada fase.
- **Desfase:** a cada intersección del sistema se le asigna un desfase que se relaciona con el inicio del verde en la intersección en particular, con la base de tiempo en la intersección con el controlador maestro. El desfase, indicado en segundos, también controla la velocidad a la cual el tránsito puede viajar de intersección en intersección sin detenerse.

Las longitudes de ciclo, los repartos de tiempo y desfases pueden variar proveyendo diferentes planes para demandas variables. Por lo general, los sistemas de semáforos deben tener diferentes planes de tiempo para diferentes horas del día.

1.3.1 Tipos de Sistemas de Control de Semáforos

Existen diversos métodos y equipos que conforman un sistema de control de tránsito por semáforos. Por lo general, la mayoría de los sistemas están comprendidos entre los que se mencionan a continuación (ref 5):

1.3.1.1 Sistemas no interconectados: los desfases de los controladores esclavos locales con respecto al controlador base son asignados manualmente en cada controlador. Una vez que se establece la coordinación, el movimiento del tránsito de manera progresiva depende de la habilidad de cada controlador en las intersecciones individuales; de mantener los tiempos apropiados.

1.3.1.2. Sistemas Coordinados de Tiempo Base: este tipo de sistema ofrece coordinación sin necesidad de interconectar físicamente los controladores. Los controladores de tiempo base son relojes muy precisos que pueden ser programados para contener diversos planes de tiempo de acuerdo a la hora del día,

día de la semana, incluyendo días de fiesta. La coordinación se mantiene asegurando que todos los controladores tengan exactamente la misma hora.

1.3.1.3 Sistemas Interconectados de Tiempo Fijo: este sistema utiliza el mismo tipo de equipo descrito anteriormente para sistemas no interconectados, con la diferencia que en este caso están interconectados por medio de cables de semáforos. El número de planes de tiempo disponibles depende del número de diales, el número de desfases y el número de repartos de tiempo que permita el sistema. Un controlador dentro del sistema actúa como controlador maestro y actúa como el coordinador de tiempo para los otros controladores del sistema.

1.3.1.4 Sistemas Dinámicos: por lo general, este es un sistema interconectado de controladores de tiempo fijo que utiliza un controlador maestro que especifica la longitud del ciclo y los desfases requeridos. Se colocan detectores dentro del sistema para muestrear los volúmenes de tránsito (direcciones) para determinar cual de las longitudes de ciclo disponible debería estar en operación. El controlador maestro debe ser un computador.

1.3.1.5 Sistemas Actuados e Interconectados: por lo general este es un sistema pequeño que consiste de dos o más controladores actuados con uno que trabaja como el maestro del sistema. La capacidad de este tipo de sistemas para desfases es limitada. El controlador maestro puede ser flexible a la demanda o una combinación de relojes de tiempo.

1.3.1.6 Sistemas de Control de Semáforos por medio de Computadores Digitales: este es el más sofisticado de los sistemas de control de semáforos. Usa un computador digital para controlar, operar y supervisar el sistema de control de semáforos. Se dispone de planes de tiempo que pueden ser arreglados de diversas formas dependiendo de necesidades específicas. El sistema consiste en una computadora central, una red de comunicaciones (cableado, teléfono, radio o combinación), y equipo de campo (controladores, detectores, etc.).

1.3.2 Tiempos para Sistemas de Semáforos Simples

Sistemas de semáforos de tiempo fijo se consiguen en los centros de ciudades o en arterias de grandes ciudades. Los patrones de tiempos para este tipo de sistemas pueden ser catalogados como simultáneos, alternados o progresivos.

1.3.3 Sistemas Simultáneos

En ese tipo de sistema, todos los semáforos a lo largo de una calle dan la misma indicación al mismo tiempo. Por lo general, este tipo de sistemas no es recomendado por que reduce la capacidad, incrementa la velocidad, o detiene gran parte del tránsito. Su uso es adecuado solo donde la distancia entre intersecciones son muy cortas, todas las intersecciones son semaforizadas y el volumen de tránsito en las calles principales es tan alto que requiera de la mayoría del verde.

1.3.4 Sistemas Alternados

En este tipo de sistema, un grupo de semáforos da indicaciones alternas a una determinada calle al mismo tiempo. Este tipo de sistemas tiene aplicaciones limitadas porque requiere un reparto del ciclo del 50%-50% que puede ser ineficiente para algunas intersecciones. Este tipo de sistema es adecuado para áreas centrales donde la distancia entre intersecciones es constante y las cuadras son completamente cuadradas, consiguiéndose en esos casos progresiones en todas las direcciones.

1.3.6 Sistemas Progresivos

Hay dos tipos de sistemas progresivos: simples y flexibles. El sistema progresivo simple es aquel en el cual las caras de los semáforos controlan las indicaciones de verde de acuerdo a un programa de tiempo predeterminado de manera que permita que un grupo de vehículos (pelotón o columnas) se mueva continuamente a una tasa de velocidad predeterminada, que puede variar en diversas partes del sistema.

Los sistemas progresivos flexibles permiten que los intervalos en cada instalación de semáforos se ajusten a los requerimientos de los volúmenes de tránsito en la intersección y que los inicios del verde en semáforos diversos puede ser independiente para obtener una eficiencia máxima en la intersección en particular.

1.3.6. TIEMPOS DE SEMÁFOROS

1.3.6.1 Tiempos para Semáforos de Tiempo Fijo

La asignación de tiempos de un semáforo de tiempo fijo es el proceso de determinar como es la distribución de los volúmenes en los afluentes, determinación de la longitud del ciclo y como dividir el ciclo para satisfacer la demanda.

Los controladores de tiempo fijo se pueden adquirir con uno o más diales (electromecánicos viejos) de manera que se puedan satisfacer las variaciones de volúmenes (en cierta forma). Usando un reloj, el controlador cambia de un dial al otro dependiendo de la hora del día. Los controladores de estado sólido pueden ser adquiridos con unidades de coordinación basadas en tiempo de manera de proveer varios planes de tiempo.

1.3.6.2 Determinación de Tiempos de las Fases en Semáforos Actuados

La discusión a continuación es para equipos típicos actuados. El manual de cada controlador debe ser consultado cuando se requieran ajustes. El equipo que se utiliza para semáforos actuados es más complejo que el de tiempo fijo. Sin embargo, el ajuste de tiempos es bastante simple, ya que no se hace en porcentajes del ciclo sino en segundos. El verde de semáforos actuados tiene tres ajustes: intervalo inicial, intervalo de vehículos o extensión, y extensión máxima.

A. Intervalos Iniciales y de Vehículos (extensión)

El intervalo inicial es el primer segmento de verde y es el tiempo durante el cual el tráfico se pone en movimiento. Este intervalo toma en cuenta el tiempo de reconocimiento y reacción (por lo general 4 segundos). Además, debe proveer para el desalojo de los vehículos que estén almacenados entre el detector y la línea de pare. Una regla general es la de proveer de 2 a 3 segundos de tiempo por cada vehículo almacenado.

El intervalo de vehículos o extensión debe satisfacer las dos condiciones siguientes:

1. Tiene que ser lo suficientemente largo como para que el vehículo viaje del detector hasta la línea de pare o hasta la mitad de la intersección si la calle perpendicular es ancha.
2. Debe ser tan larga como el intervalo de tiempo entre dos vehículos que se considere seguro. Por lo general se usan 3 segundos para un intervalo de vehículos.

El tiempo mínimo que un semáforo actuado permanece en verde es de un intervalo inicial más un intervalo de vehículo, a menos que un vehículo pase sobre el equipo de detección. Si un vehículo activa el detector, entonces el verde puede ser extendido hasta un límite: el tiempo verde máximo.

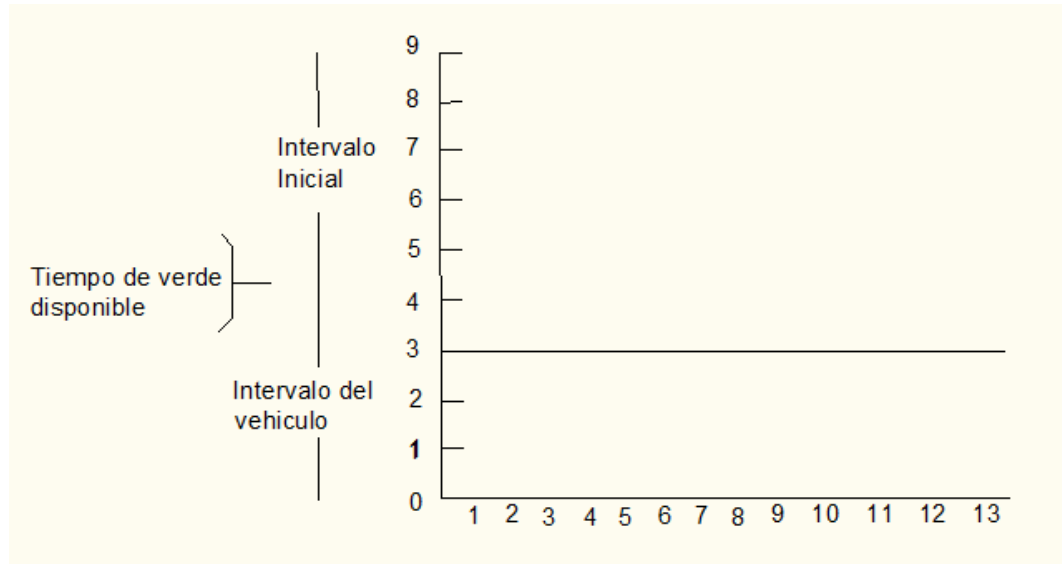
B. Tiempo Verde Máximo

Como su nombre lo indica, es el tiempo máximo que un semáforo en una fase actuada permanece en verde cuando hay vehículos esperando en otros afluentes.

Existen dos tipos de máximo, dependiendo del equipo que se adquiera. El primero es la "extensión máxima" o la longitud de tiempo máxima que se extenderá el verde, contado desde el inicio del intervalo de vehículo o desde el momento en el cual hay una actuación en otra fase (el que sea más tarde). El otro tipo es llamado el "verde máximo" o simplemente "máximo". Como lo indica su nombre, este tipo es el máximo tiempo verde total que suministra el semáforo, contado a partir del principio del verde o desde que se recibe una actuación de otra fase. Este tipo incluye el intervalo inicial. Para más información sobre un equipo en particular, se debe verificar los manuales de los equipos.

Para establecer los ajustes de tiempo máximo en una fase se utiliza el mismo procedimiento de semáforos de tiempo fijo. El funcionamiento del intervalo inicial, el intervalo o extensión de vehículo y el tiempo verde máximo se ilustra a través de la figuras 1.6 a la 1.9

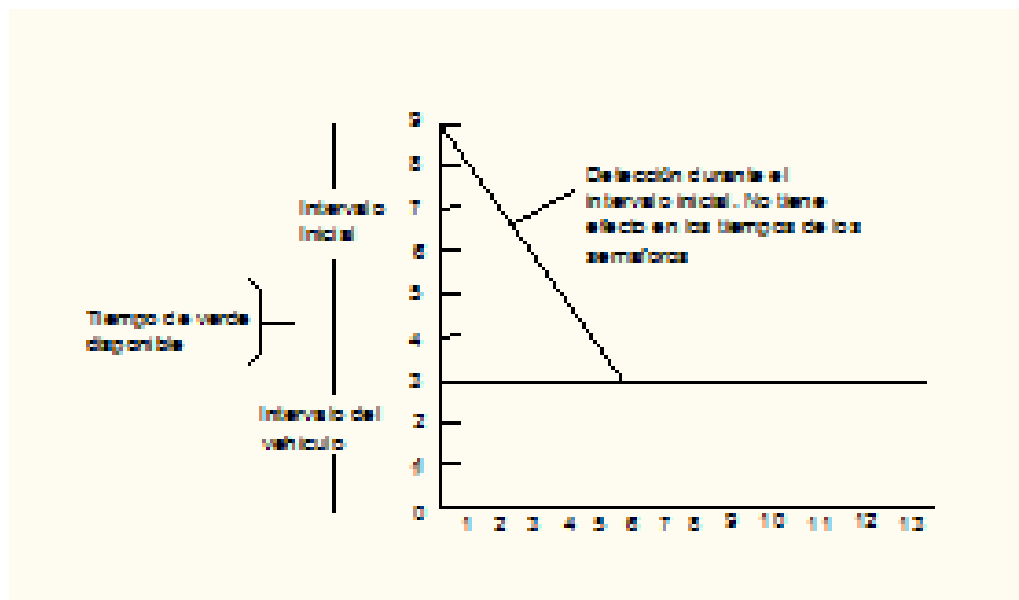
Figura 1.6 Diagrama Conceptual para Tiempos de Semáforos Actuados



Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

En la Figura 1.6 tenemos un intervalo inicial y un intervalo de vehículo (extensión) como el tiempo verde disponible. Este es el tiempo mínimo de tiempo que una fase permanece en verde. Después que la fase empieza comienza un conteo regresivo del tiempo verde disponible. Si ningún vehículo pasa sobre el detector de esa fase durante el intervalo de extensión de vehículos entonces el semáforo “gap out”, el tiempo verde disponible va a cero y el semáforo cambia a amarillo y después a rojo, como se indica en las figuras 1.7 y 1.8.

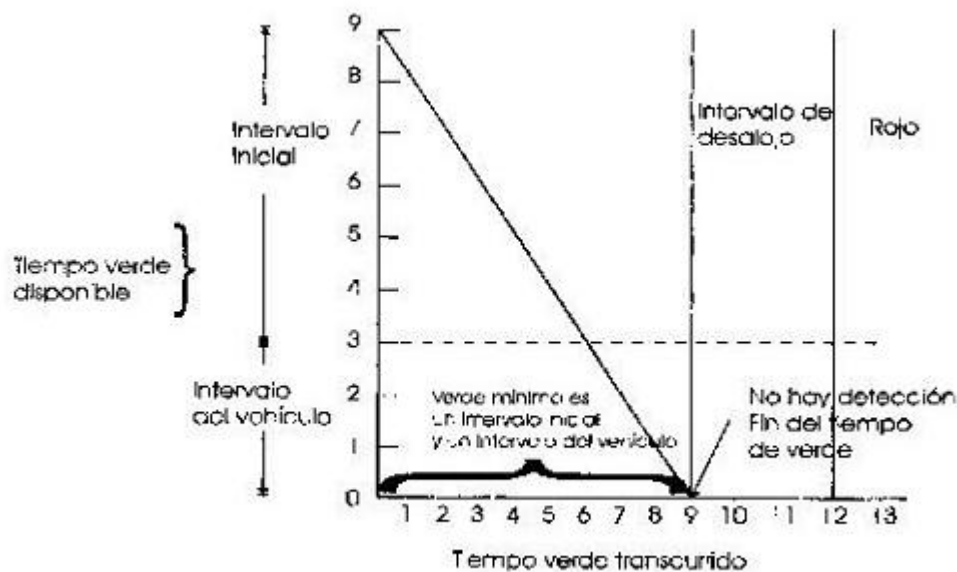
Figura 1.7 Diagrama Conceptual para tiempos de semáforos actuados.



Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

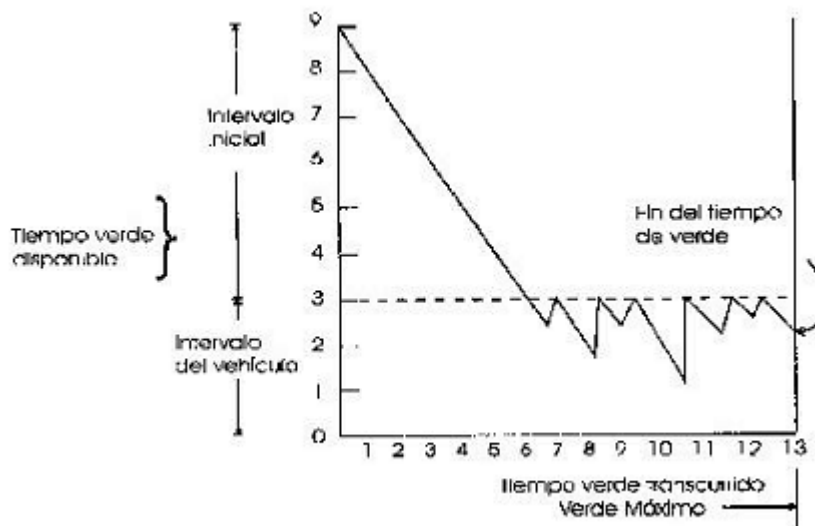
Sin embargo, cada vez que un vehículo es detectado en la fase que tiene el verde, el controlador regresa al intervalo de vehículo o extensión. El proceso descrito anteriormente continua mientras haya vehículos que lleguen a los detectores o hasta alcanzar el verde máximo (Figura 1.10).

Figura 1.9 Diagrama Conceptual de Semáforos Actuados.



Fuente: Manual de estudios de Ingeniería (México)

Figura 1.10 Diagrama Conceptual de Semáforos Actuados



Fuente: Manual de estudios de Ingeniería (México)

C. Intervalo de Desalojo para Peatones.

Los intervalos para vehículos se calculan de la misma forma en semáforos actuados que en semáforos de tiempo fijo. Sin embargo, el intervalo de desalojo de peatones se calcula de forma diferente.

El intervalo de peatones se calcula basado en la distancia entre la guarnición más cercana y el centro del carril más lejano en el acceso a cruzar. Al valor obtenido se le sustrae un intervalo de vehículo (extensión) para determinar el intervalo de peatones para equipos actuados, es decir por ejemplo:

Intervalo de Peatones Calculado 18 seg.

Intervalo de Extensión de Vehículos 3 seg.

Intervalo de Peatones para Semáforos Actuados 15 seg.

D. Ajustes de Tiempos

Los procedimientos anteriormente descritos ofrecen el punto de inicio para la determinación de los tiempos de semáforos actuados. Después que la instalación se pone en operación son necesarios una serie de ajustes en campo para afinar la operación. Es necesario establecer un programa de revisión periódica de los tiempos, ya que los patrones de tránsito y volúmenes son variables.

1.3.6.2.1 Características de los Equipos

El ajuste de tiempos de semáforos actuados es complicado debido a la falta de uniformidad entre los equipos en el mercado. Las mismas características operacionales son identificadas con nombres diferentes por diversos fabricantes. Es indispensable consultar los manuales de los fabricantes para ver que terminología se usa para las características operacionales que se describen a continuación:

Intervalo Inicial

El intervalo inicial debe ser lo suficientemente largo para permitir al tránsito que se mueva sobre el detector. Para mover la cola de vehículos sobre el detector se debe tomar en cuenta la demora inicial (tiempo perdido) más la distancia entre el detector y la línea de alto. El tiempo perdido por vehículo se ilustra en el Cuadro 1.6

Tiempo Perdido o Demora Inicial por cada vehículo en la cola

Posición en la Cola	Intervalo de Salida (seg.)	Demora Inicial (seg.)
1	3.7	1.7
2	3.2	1.2
3	2.7	0.7
4	2.3	0.3
5	2.1	0.1
6 o más	2.0	0.0
Total		4.0 seg.

Cuadro 1.6

Fuente: Manual de estudios de Ingeniería (México)

Por lo tanto, si un detector esta ubicado a 15 mts de la línea de alto (equivalente a la longitud de dos vehículos), el intervalo inicial mínimo es de 3.7 seg. más 3.2 seg., 6.9 seg. en total. Si el detector esta a 30 mts. de la línea de alto, entonces el intervalo inicial se calcula con la siguiente ecuación:

$$t = 4 + 2 \times N$$

donde, N = número de vehículos entre el detector y la línea de alto

Intervalo de Vehículo o Extensión del Verde

La determinación de la longitud de la extensión de vehículos esta basada en el tiempo que requiere un vehículo para viajar desde el detector hasta la línea de alto.

Esta porción del intervalo de extensión es conocido como “Intervalo de detección” (passage). La segunda porción del intervalo de extensión esta basado en el intervalo de tiempo entre dos vehículos consecutivos.

Para la operación de semáforos actuados se usa un tiempo de percepción/reacción de 3 segundos, mayor que el comúnmente usado de 1.5 a 2.0 segundos. El tiempo adicional es para proveer un margen de seguridad.

A. Zona de Dilema: Es una zona en la cual un vehículo no puede pararse o desalojar la intersección con seguridad. Esto se ilustra con el siguiente ejemplo (ref. 5):

Velocidad Prevalciente (V)= 80 KPH

Coeficiente de fricción (f) = 0.3 (condiciones húmedas)

Tiempo de percepción y reacción (P/R) = 3 seg.

Distancia de Frenado = $0.278 (P/R)(V) + V^2/252f$

DF = 150 mts (aprox).

La distancia recorrida por un vehículo a 80 KPH durante un amarillo (intervalo de desalojo) de 5 segundos es;

$D = 80 \text{ KPH} \times 1000 \text{ mts/Km} \times 1/3600 \text{ seg/hr} \times 5 \text{ seg.} = 111 \text{ mts. aprox } 110 \text{ mts.}$

Si la intersección tiene un ancho de 18 mts, entonces la zona de dilema (ZD) es:

$ZD = 150 - 110 + 18 \text{ (long. de la intersección)} + 7 \text{ (long. de un vehículo)} + 3 \text{ (distancia entre la línea de alto y la intersección)} = 68 \text{ mts.}$

Eso quiere decir que un vehículo que este entre 150 mts y 82 mts de la intersección no puede desalojar la intersección con seguridad, por lo tanto se requiere más tiempo para el intervalo de desalojo usando una fase de todo rojo.

Verde Máximo

Se calcula de la misma forma que para semáforos de tiempo fijo.

Intervalo de Desalojo (Amarillo)

Esta basado en la velocidad de llegada a la intersección. Se usan los mismos valores que para semáforos aislados.

Intervalo para Peatones

Se calcula igual que para semáforos actuados. Los ajustes en el controlador se hacen restándole un (1) intervalo de vehículo o extensión.

1.3.7. Controladores de Estado Sólido

1.3.7.1 Definiciones

Verde Mínimo (Minimum Green): tiempo verde mínimo que siempre se suministra.

Intervalo de detección (Passage): tiempo requerido para viajar del detector a la línea de alto a la velocidad del flujo de tránsito.

Brecha Mínima (Minimum Gap): el intervalo de tiempo entre vehículos necesario para mantener la fase en verde después que el verde mínimo ha colapsado.

1.3.7.2 Tiempos del Controlador Adaptativos

A. Verde Mínimo: Tiempo necesario para desalojar la cola de vehículos entre el detector y la línea de alto.

Verde Mínimo = $4 + 2 \times N$, donde N = número de vehículos almacenados entre el detector y la línea de alto.

B. Intervalo de detección (Passage): es el tiempo requerido para pasar del detector hasta la línea de alto. Debería ser calculado con una velocidad de por lo menos 5 KPH menor a la velocidad prevaleciente, de manera de tener un margen de seguridad.

C. Brecha Máxima para mantener la fase verde: intervalos de 1.9 a 2 seg. son los más pequeños que se consiguen en el flujo de tránsito. Intervalos de 5 seg se consiguen solo en condiciones de flujo muy bajas. Por lo tanto un valor de 2.5 a 4 segundos puede ser usado. Valores más pequeños deben ser usados en condiciones de flujo altas. Los valores más altos son para condiciones de flujos bajos.

D. Verde Máximo: Por lo general se puede usar la misma metodología usada para semáforos de tiempo fijo. También, utilizando el hecho que el flujo de tránsito sin restricciones se describe con una distribución de Poisson, el tiempo verde máximo se puede determinar de la siguiente forma:

Ciclo = 120 seg. Volumen = 560 vph. Número de Carriles: 2.

Ciclos por hora = $3600/120 = 30$ ciclos por hora

Volumen Promedio por carril y por ciclo = $560/2 \times 30 = 9.6$ veh/ciclo x carril

95 Percentil = 15.8 aprox. 16 vehículos

Verde Máximo = $4 + 2(N) = 36$ segundos.

Este proceso se repite para cada fase y se determina el valor del verde más amarillo. La longitud de ciclo resultante se compara con los 120 seg, asumidos y el proceso se repite hasta que el valor asumido y el calculado sean comparables.

1.3.8 PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE TIEMPOS PARA UN CONTROLADOR ACTUADO VOLUMEN/DENSIDAD DE OCHO FASES.

De acuerdo a las diferentes casas comerciales que distribuyen equipos semafóricos de tecnología adaptativa la terminología que aquí se describe es usada en la mayor parte de equipos con ciertas variaciones dependiendo de la lógica de tráfico que maneja cada marca sea este TYCO, SIEMENS, SEMEX, etc. Es así que tenemos:

1. INICIAL (INITIAL):

Se recomienda sea 10 segundos (expectativas del conductor). Si el detector está a una distancia mayor, de manera que se requiera más de 10 segundos para desalojar la cola que se forma entre el detector y la línea de alto, se usa un intervalo inicial variable.

2. SEC./ACT.

Durante la fase roja (cuando el acceso esta en rojo), el controlador cuenta los vehículos que llegan al acceso. El verde mínimo que se le da a la fase verde (después del rojo) es igual al número de actuaciones por S/A.

$S/A = (\text{Tiempo Requerido para desalojar el almacenamiento entre el detector y la línea de alto}) / (\text{Vehículos Almacenados})$

$$S/A = [4 + 2(N-1)] / N ; \text{ en segundos}$$

3. Extensión (Passage):

$$P = (\text{Distancia entre detector y línea de alto}) / (\text{Velocidad en el acceso}); \text{ segundos}$$

4. Inicial Máximo (Maximum Initial):

Es el tiempo inicial de verde máximo. Tiempo requerido para desalojar el almacenamiento entre el detector y la línea de alto.

Para giros a la izquierda:

$$MI = 4 + 2.1 (N-1)$$

Para volumen de frente:

$$MI = 4 + 2 (N-1)$$

5. Máximo 1

Verde máximo para una fase. Se calcula con el mismo procedimiento de semáforos de tiempo fijo.

En la práctica (ref. 5):

$M = 1.5$ (verdes para el ciclo óptimo para el pico AM)

$$M_i = 1.5 \left[\frac{\left(\frac{v}{s} \right)_i}{\left(\frac{v}{s} \right)_{ci}} \right] (C_0 - L)$$

6. Máximo 2

Verde máximo (hora PM). Se calcula igual al verde para semáforos a tiempo fijo.

7. Amarillo:

Se calcula de la misma forma que para semáforos actuados.

Si Amarillo ≤ 4.5 seg. ; Amarillo = Amarillo calculado

Si Amarillo > 4.5 seg., Amarillo = 4.5 seg. lo demás en todo rojo.

8. Tiempo antes de Reducción (Time before Reduction, TBR):

TBR = 0 seg.

9. Rojo: todo rojo, igual que en semáforos de tiempo fijo, prolongación del amarillo.

10. Tiempo para Reducir (Time to Reduce, TTR)

TTR = 0

11. Pase para Peatones

Pase = 4 segundos, lo demás en intermitente "Apúrese", solo para fases de frente.

12. Brecha Mínima (Minimum Gap):

Para giros a la izquierda: 2.1 seg.

Para movimientos de frente: 2.0 seg.

13. Apúrese (Flash don't walk, FDW)

FDW = (Distancia a Caminar/1.2) - Amarillo, solo en fases recto.

14. Recall (RCL)

0 - nada

15. Modo No actuado

Off.

1.3.9 SEMÁFOROS ADAPTATIVOS CON RESPECTO A LOS DE TIEMPO FIJO

Al referirnos a los Sistemas de Control de Tránsito es necesario determinar las diferencias entre los sistemas a tiempo fijos y los de tipo adaptativo, para cada una de ellas se debe comprender que los semáforos pueden reducir efectivamente las demoras y los accidentes de una intersección. Pero si no son diseñados adecuadamente, el efecto puede ser el contrario. Por lo tanto, es fundamental que se comprendan los elementos necesarios para el diseño de semáforos (ref 5):

- Análisis de los datos de la intersección
- Selección y capacidades del controlador
- Consideraciones de las fases
- Asignación de tiempos de los mecanismos de control
- Preparación de los planos
- Preparación de las especificaciones
- Estimados de costos

1.3.9.1 Datos de la Intersección

Cuando se analizan los datos de una intersección, el primer paso a tomar en cuenta es el esquema de la intersección: simple o complejo. El número de calles que se interceptan y el ángulo de intersección tienen una influencia directa en el tipo de control a usarse. En la figura 1.11 se muestran los tipos de intersección más comúnmente encontrados.

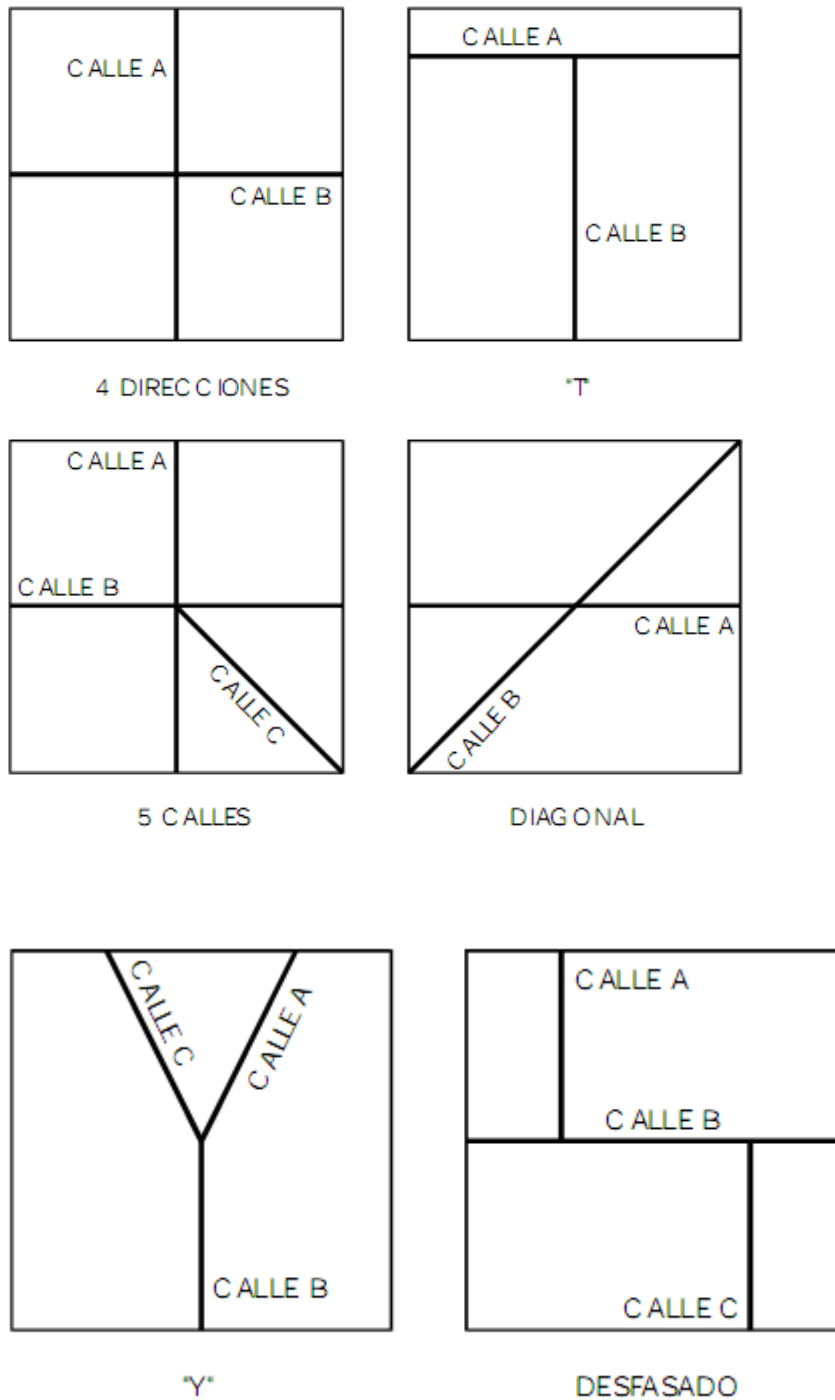


Figura 1.11
 Tipos de Intersección
 Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería

El segundo caso es considerar las condiciones físicas (número y ubicación de los carriles de circulación). Un diagrama de las condiciones es de suma ayuda en esta etapa del proceso de diseño.

Finalmente, los volúmenes de tránsito proveen la base para la geometría definitiva de la intersección, la selección del tipo de controlador y el establecimiento de los planes de tiempo y fases para la intersección o el sistema de semáforo.

Selección y Capacidades del Controlador

Después de recolectar todos los datos necesarios, el siguiente paso es la selección del tipo de controlador a instalarse en la intersección. En principio hay dos tipos de controladores: de tiempo fijo y adaptativo.

1.3.9.2 Controladores de Tiempo Fijo

Hay diversas variedades de controladores de tiempo fijo. En todos los casos, los tiempos son correctos solo si el tránsito es el mismo que se estimó previamente, por lo tanto, las variaciones normales de minuto a minuto no pueden ser satisfechas. Con equipos de tiempo fijo es necesario estimar los volúmenes de tránsito para las horas del día. Por lo tanto es necesario efectuar conteos y estudios regulares para estimar los cambios en los patrones de tránsito y cambiar los tiempos de las fases de acuerdo a estos cambios. Además, si algo sucede y se interrumpe la rutina normal del tránsito, el controlador de tiempo fijo no provee planes para estos cambios.

1.3.9.3 SEMÁFOROS ADAPTATIVOS

Por lo general, los controladores de semáforos adaptativos son usados para controlar intersecciones aisladas donde los semáforos de tiempo fijo ocasionan demoras innecesarias a los conductores, ya que estos últimos son incapaces de responder a fluctuaciones grandes de la demanda de tránsito. Por lo general, los controladores adaptativos no son interconectados con semáforos adyacentes; sin embargo, ciclos de fondo, coordinadores de tiempo real, o control por computadoras pueden ser usados para restringir el intervalo de tiempo verde que se le asigna a los accesos menores. De esta manera los controladores adaptativos pueden ser incluidos en un sistema.

Sin embargo, en este tipo de operación, se limita la capacidad del sistema. Hay tres tipos de controladores adaptativos: semiactuados, completamente actuados y de volumen/densidad.

A. Controladores Semiactuados

Este tipo de controladores tienen las siguientes características:

- Se usan en intersecciones con una calle de volúmenes altos y otra con volúmenes bajos
- Se colocan detectores en uno o más accesos, pero no en todos.

- Se garantiza la asignación de un tiempo mínimo para la calle principal, la asignación de tiempos en la calle menor está basada en los ajustes de las especificaciones para controladores actuados.
- Debido a su operación, no deberían ser usados en sistemas de semáforos.
- Tienen el costo más bajo de todos los controladores adaptativos, a pesar que la diferencia entre semiactuado y actuado completo es muy pequeña.

B. Controladores Completamente Actuados

Sus características son:

- Su uso es para intersecciones donde el tránsito sea similar en todos los accesos.
- Se colocan detectores en todos los accesos.
- Los ajustes de tiempo para el controlador se hacen para los siguientes intervalos:
 - (a) Intervalo Verde Mínimo: tiempo necesario para desalojar la cola de vehículos entre el detector y la línea de alto.
 - (b) Extensión: tiempo de paso entre el detector y la línea de alto.
 - (c) Intervalo Verde Máximo: el tiempo más largo que es aún práctico.
 - (d) Amarillo o tiempo de desalojo
 - (e) Intervalo todo rojo: es usado solo en casos especiales, cuando un intervalo amarillo de tres segundos no sea suficiente para el desalojo de la intersección.

C. Controladores de Volumen Densidad

Tienen las siguientes características:

- Se usan en intersecciones con flujo de tránsito mayores y que tengan fluctuaciones impredecibles.
- Son bastante complejos.
- Se colocan detectores en todos los accesos.
- Los principios básicos de un controlador volumen/densidad que funcione en dos fases son: la evaluación constante y automática de la demanda para el derecho de paso de vehículos que se muevan en el intervalo de verde, y la acumulación de la demanda para el derecho de paso por parte de los vehículos que esperan en rojo en el acceso conflictivo.
- Los ajustes de tiempo son bastante complejos.

- Es el tipo de controlador más caro del mercado.

Tiempos para Semáforos Adaptativos:

Hay muchos fabricantes de semáforos adaptativos y el método de operación de cada uno es variable. La persona encargada de ajustar los controladores debe referirse al manual del controlador.

El equipo usado en semáforos adaptativos es más complejo que equipos para semáforos de tiempo fijo. Sin embargo, los ajustes no son más complicados ya que los ajustes del dial para semáforos adaptativos son en segundos, mientras que para controladores de tiempo fijo son en porcentajes, por lo general.

Algunos de los ajustes de tiempos para semáforos adaptativos son los siguientes:

Intervalos Iniciales y de Vehículos:

El intervalo inicial es el primer segmento de tiempo verde y es el tiempo durante el cual se inicia el movimiento del tránsito. Este intervalo debe proveer tiempo suficiente para el tiempo perdido al principio de la fase y el movimiento del primer vehículo. Por lo general este proceso toma unos cuatro segundos. También se debe proveer tiempo suficiente para el paso de los vehículos almacenados entre el detector y la línea de alto. En general, se calcula un intervalo de dos a tres segundos por cada vehículo almacenado. Por ejemplo, si hay cuatro vehículos almacenados entre el detector y la línea de alto, se proveen 13 segundos para el intervalo inicial, cuatro segundos para el primero y tres para los que siguen.

El intervalo de vehículos (vehículo - intervalo):

- Debe ser lo suficientemente largo para que un vehículo viaje desde el detector hasta la línea de alto o hasta la mitad de la intersección si la calle perpendicular es ancha.
- Debe ser por lo menos de una longitud que permita el flujo seguro de vehículos.

Normalmente tres segundos son un buen promedio para un intervalo de vehículos, ya que es una distancia de tiempo segura para vehículos que viajan a velocidades bajas. Se deben colocar detectores bastante cerca de la intersección.

Para ciertos equipos, el tiempo mínimo que un semáforo permanece en verde es un intervalo inicial más un intervalo de vehículos; a menos que un vehículo active el equipo de detección, en cuyo caso, el verde se puede extender hasta alcanzar un máximo.

Intervalo Máximo Verde :

Como su nombre lo indica, el intervalo máximo de verde es el tiempo máximo que un semáforo puede darle el verde a una fase en particular que este siendo actuada por vehículos mientras otros vehículos esperan en los otros accesos.

En realidad hay dos tipos de máximos, dependiendo del equipo. El primero es el “máximo extendido” (maximum extension), que es el tiempo máximo que el verde puede ser extendido por actuaciones compatibles, tiempo que puede ser contado desde el principio del intervalo de vehículos o desde el momento en el cual se reciba una actuación en la fase conflictiva. El segundo tipo es conocido como el verde máximo, que es el tiempo máximo de verde que puede tener una fase contado desde el principio del verde o desde el momento que se recibe una actuación en la fase conflictiva. El verde máximo incluye el intervalo inicial.

Para establecer los ajuste para el tiempo máximo verde se usan los mismos procedimientos que se usan para calcular los tiempos de semáforos de tiempo fijo.

1.3.9.4 Selección del Controlador

A. Criterio de Selección

En la decisión de seleccionar el tipo de control (actuado o tiempo fijo), la ubicación de la intersección y sus volúmenes juegan un papel sumamente importante. Por ejemplo, si la intersección a ser semaforizada está a menos de 600 mts. de otra intersección semaforizada, o no permanecerá aislada en un futuro cercano, entonces un sistema interconectado de controladores de tiempo fijo o controladores adaptativos con ciclos de fondo puede ser usado. Si la intersección es aislada o está a más de 600 mts. de otra intersección aislada, entonces un semáforo totalmente actuado y no interconectado debe ser considerado.

Controladores de Tiempo Fijo en un Sistema

Si dos controladores de tiempo fijo están operando con el mismo ciclo y están interconectados, sus tiempos pueden ser ajustados para permitir progresión (un conductor que pase el primer semáforo recibirá el verde en el otro semáforo previamente a su llegada). Por ejemplo, si un vehículo se tarda 12 segundos para viajar del primer semáforo al segundo, entonces el segundo semáforo se puede ajustar para que el verde comience 12 después del primer semáforo, y así sucesivamente.

A veces no es recomendable usar controladores de tiempo fijo en un sistema. Si los volúmenes de tránsito de las calles secundarias son bajos es mejor usar semáforos actuados o semiactuados. De esa forma, si no hay demanda por el verde en las calles secundarias, la calle principal mantendrá el verde.

Controladores Semiactuados en un Sistema

Un controlador que tiene una o más fases con un tiempo preajustado y una o más fases actuadas es un controlador semiactuado.

Como se mencionó anteriormente, si un controlador semiactuado tiene un ciclo de fondo, entonces puede ser utilizado en un sistema de semáforos. Un semáforo semiactuado con un ciclo de fondo está diseñado para satisfacer la demanda variable de la calle secundaria y, al mismo tiempo, tener las características de tiempo fijo necesarias para obtener una progresión en la calle principal.

Este tipo de controlador le da tiempo verde a la calle secundaria si, y solo si hay demanda. De otra forma, el verde continúa en la calle principal. La ventaja está en el periodo de tiempo durante el cual la demanda de la calle secundaria es satisfecha. La mejor forma de explicar este funcionamiento es imaginándose el reloj de tiempo de un semáforo de tiempo fijo, dando tiempos a la calle principal y secundaria según las fases previamente establecidas. Hasta que no haya una demanda en la calle secundaria, el ciclo está en el “fondo”, de respaldo (background) y no hay cambio: el semáforo permanece en verde para la calle principal mientras el ciclo permanezca en el “fondo”.

Supóngase ahora que un vehículo llega a la calle menor y es detectado para producir una “actuación”. Si en el momento de la “actuación” el ciclo de fondo “dice” que el semáforo debe permanecer verde para la calle principal (rojo para la calle secundaria), el conductor en la calle secundaria debe esperar. El ciclo (que ya no está en el “fondo”) continúa hasta el punto donde el verde de la calle principal finaliza y empieza el verde de la calle secundaria, respondiendo de esa forma a la demanda en la calle secundaria. Si el vehículo hubiera llegado cuando el ciclo de fondo dice “verde para la calle menor”, entonces hubiera obtenido el verde inmediatamente si la llegada (actuación) era al principio de la fase de fondo.

Si la actuación fue al final de la fase de fondo para la calle secundaria, cuando no hay tiempo suficiente para que el vehículo despeje la intersección, entonces el conductor en la calle secundaria debe esperar hasta que el verde para esta calle venga otra vez.

Semáforos Actuados Interconectados

Para coordinar sistemas de semáforos actuados se utilizan ciclos de fondo, coordinadores basados en tiempo, y coordinadores por computadoras. Los resultados han sido variables y en algunos casos no han sido satisfactorios. Por ejemplo, los ciclos de fondo obligan a trabajar al controlador a $\frac{1}{4}$ de su eficiencia, mientras las computadoras convierten a los controladores actuados en controladores de tiempo fijo. Sin embargo, las computadoras son eficientes en el caso de ocasiones especiales (eventos deportivos, etc.). También, en las últimas generaciones de sistemas de control de tránsito y con el uso de computadoras más rápidas, los sistemas actuados se han hecho más dinámicos.

Mientras los ciclos base tratan de predecir las necesidades mínimas del sistema basados en las horas del día, las computadoras tratan de relacionar los datos de tránsito obtenidos en un periodo de tiempo (dígase 4 minutos de demanda) a la

demanda del próximo periodo de tiempo (la demanda de los cuatro minutos siguientes. Para que estos sistemas sean eficientes, es fundamental que se mantengan tiempos adecuados. Sistemas más dinámicos han sido diseñados de manera que se les permita a los controladores locales actuados operar libremente la mayor parte del tiempo, reconociendo sin embargo las columnas de vehículos en la calle principal y moviéndolas por el sistema sin ignorar la demanda variable de las calles secundarias. La inteligencia del controlador actuado local contribuye considerablemente al funcionamiento del sistema, proveyendo la señal verde a la columna que llega y midiendo su tamaño exacto en la intersección mientras pasa. Esto es muy importante ya que las columnas varían su tamaño de intersección a intersección. Tiempos excesivos de espera y crecimiento de colas son monitoreados continuamente en las calles secundarias y en los vueltas a la izquierda, y estas demandas son dinámicamente reconocidas y respondidas. Sistemas de otras generaciones le dan poca consideración a estos movimientos.

Controladores Actuados en Intersecciones Aisladas.

Los equipos actuados son los más eficientes para intersecciones aisladas. Los equipos totalmente actuados responden a las demandas en todos los accesos. Semáforos completamente actuados son también preferidos cuando dos calles principales se interceptan y el semáforo en cuestión no es parte del sistema. En estos casos, todas las fases deben ser flexibles para satisfacer las variaciones en el flujo del tránsito, extendiendo los tiempos en verde para satisfacer las demandas.

Antes de que una decisión sea hecha acerca del tipo de controlador a usarse, es necesario determinar la frecuencia con la cual se monitoreará la intersección (aforos) para detectar los cambios en los patrones de tránsito después de la “puesta en marcha”. Algunos controladores deben ser minuciosamente “calibrados” para que puedan operar eficientemente. Es importante también determinar la capacidad de las personas encargadas del mantenimiento de los semáforos: un controlador muy eficiente pero complejo puede crear muchos problemas si el personal de mantenimiento no es lo suficientemente especializado. Muchas veces la capacidad de mantenimiento limita la selección del tipo de control y fuerza la selección de controladores de tiempo fijo.

1.4 Implementación de un sistema de control de tránsito adaptativo.

1.4.1 Conceptos básicos para la implementación de intersecciones:

Ubicación del Controlador en la Intersección

Criterios

A. Consideraciones Prioritarias

1. Instalar en la proximidad de acometidas
2. Evitar ubicar los controladores sobre servicios subterráneos
3. Ubicar los controladores lo más lejos posible de los carriles de circulación

B. Otras Consideraciones:

1. Evitar la luz del sol sobre los controladores
2. No bloquear el paso de peatones

1.4.2 Problemas Comunes en el Diseño de Semáforos:

- A. Ubicar los registros detrás de un poste o postes entre la intersección y registro.
- B. No evitar filtraciones en las conexiones subterráneas.
- C. No proveer una manera de desconectar los cables rápidamente en la base de los postes.
- D. Usar conductos muy pequeños.
- E. No proveer circulación de aire en el gabinete del controlador
- F. No proveer tierra
- G. No proveer protección a tormentas eléctricas (rayos)

1.4.3 Sugerencias para una Instalación Efectiva de Semáforos:

- A. Considerar la instalación conjunta de la iluminación y la semaforización de la intersección.
- B. Requerir de los proveedores estándares que faciliten el mantenimiento del equipo por parte de la agencia encargada, por ejemplo: exigir agujeros estándar para todos los gabinetes de los controladores.
- C. Evitar postes de semáforos en la isla central

1.4.4 Récord de Semáforos

1. Datos de Diseño:

- (a) Plan de Fases
- (b) Planes de Tiempo
- (c) Coordinación (establecida en el controlador)
- (d) Tipo de equipo (fecha de instalación, marca y modelo de cada uno de los componentes).

2. Récorde de Mantenimiento

- (a) Récorde de Mantenimiento Preventivo: fechas programadas, componentes en mantenimiento.
- (b) Mantenimiento fuera de programación: tipo de problema, fecha en que fue reportado, como fue reportado, fecha de llegada a la intersección con el problema, fecha de restauración del servicio.

1.4.5 Función de los Detectores de Tránsito para el control de tránsito de manera adaptativa

Debido a que los movimientos de tránsito no son constantes con el tiempo, es deseable tener la habilidad de ajustar las operaciones del semáforo de acuerdo con las demandas de flujo de tránsito. Esto se logra tomando en cuenta las fluctuaciones del tránsito con dispositivos de control en el sendero de los vehículos. El detector manda una señal al controlador y este es capaz de ajustar las fases del semáforo a las demandas de tránsito.

Los detectores trabajan bajo dos principios básicos: detección de contacto que es cuando un vehículo hace contacto con el dispositivo de detección y detección por cambio de energía, que es cuando un vehículo pasa sobre el dispositivo y crea un cambio en el campo de energía alrededor del dispositivo.

La detección puede ser de dos tipos: por presión de paso o presencia de vehículos. Un detector de paso detecta la llegada de un vehículo que pasa sobre el detector. Un detector de presencia reconoce la presencia de un vehículo sobre el detector y mantiene la señal al controlador mientras el vehículo permanece sobre el detector.

1.4.5.1 Tipos de Detectores

Corrientemente se han usado los siguientes detectores:

- A presión
- Magnéticos

- Fococélulas
- Radar
- Sónicos
- Infrarrojos
- Lazos de Inducción
- Magnetómetros
- Coaxiales
- Microlazos
- Ambulancias, bomberos (fococélula)
- Video detección

Se debe tomar en cuenta que la diferencia entre un sistema semafórico a tiempo fijo y un sistema adaptativo es que el último mencionado posee la detección de tráfico, lo cual es una función primordial en un sistema de control de tránsito adaptativo, entonces para comprender lo referente a como implementar un sistema de control de tránsito adaptativo se tiene que referir a las maneras de cómo se puede realizar la detección. De todos los tipos de detectores señalados anteriormente en la presente tesis se detalla el funcionamiento de los dos más comunes utilizados en la actualidad que son por lazo y por video detección,

1.4.6 Detectores de Lazo

Son los más usados en la industria. El lazo usa un cambio en el campo de energía del lazo para enviar la señal al controlador. Consiste de un lazo rectangular dentro de una ranura en el pavimento. Un vehículo hace que la inductancia del lazo cambie. La unidad detectora detecta el cambio de la frecuencia, fase o amplitud y manda una señal al controlador.

Figura 1.12 Modos Mixtos de Operación

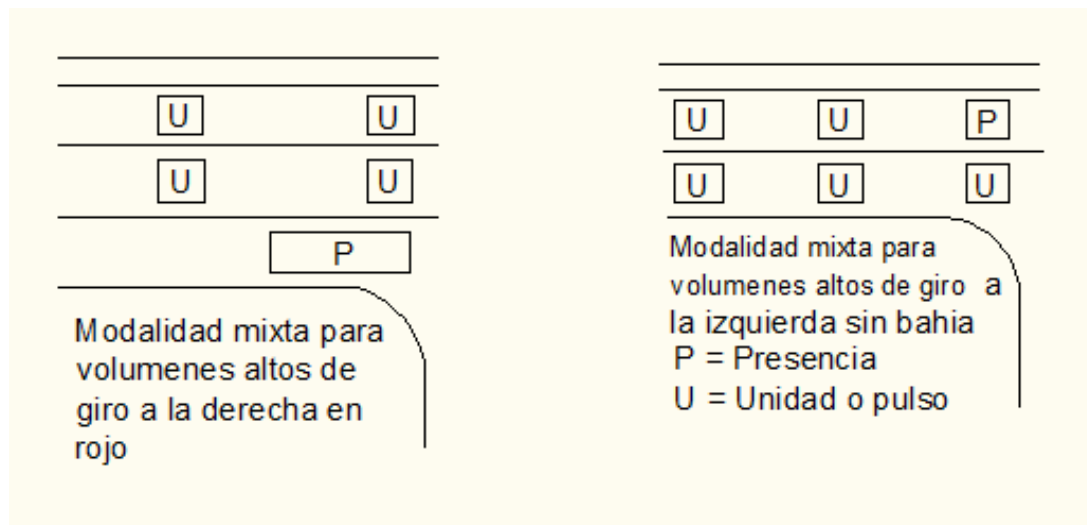


Figura 1.12
Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería

Figuras 1.13 Requerimientos para el diseño de Lazos Largos,

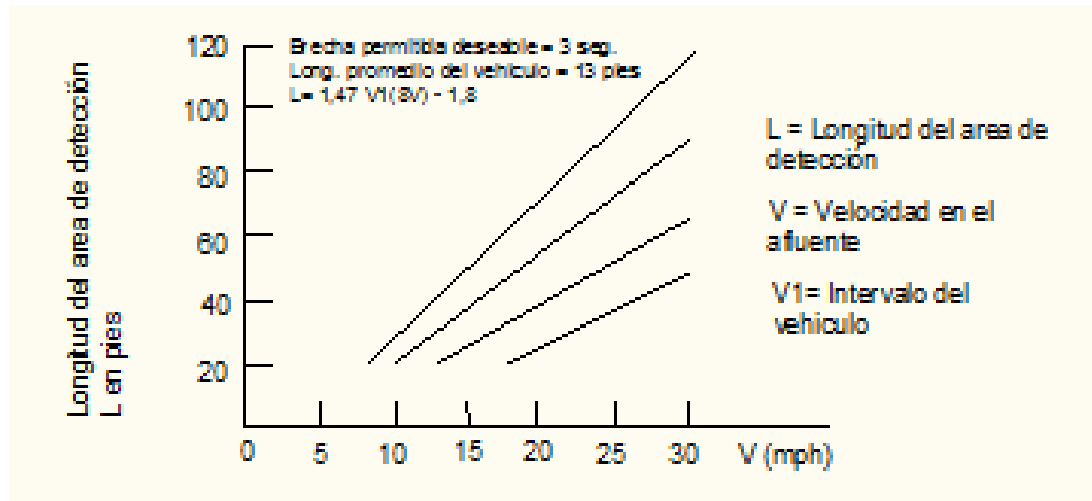


Figura 1.13
 Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería

Figuras 1.14 Configuración de Lazos y Área Muerta de los Lazos

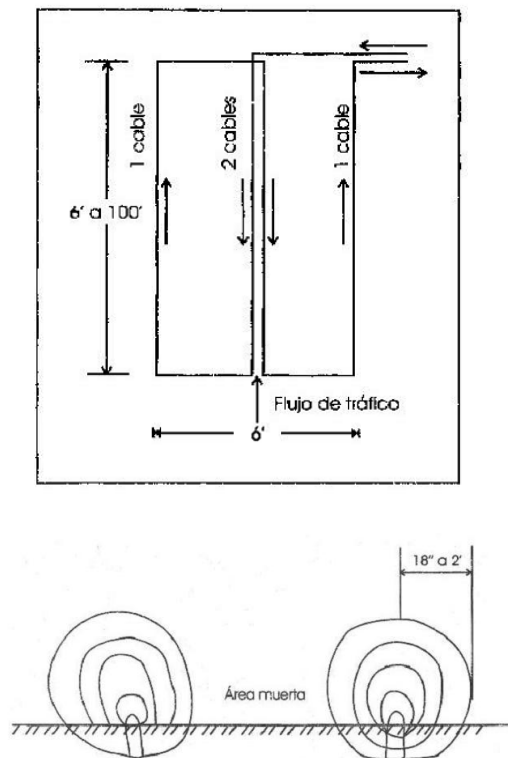


Figura 1.14
 Fuente: Manual de Estudios de Ingeniería

Figura 1.15 Configuración de intersección con detectores tipo lazo

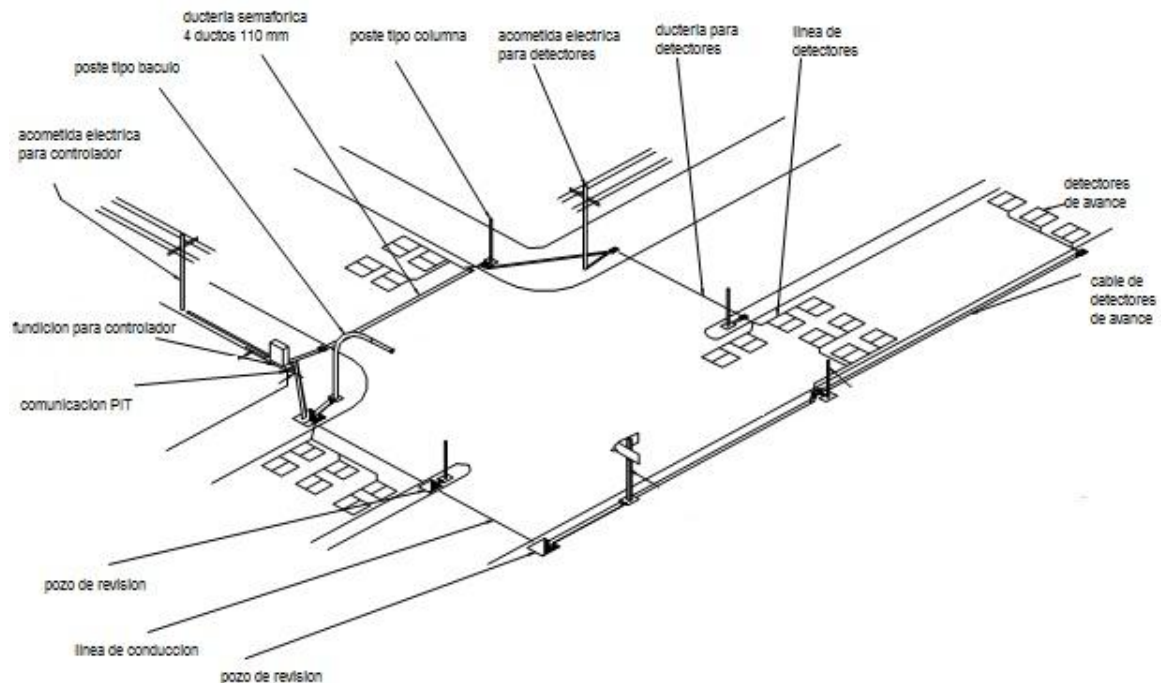


Figura 1.15
Fuente: TYCO TRAFICC

1.4.7 Sistemas de Detección por video

Introducción

Muchas ciudades están en el proceso de modernizar sus sistemas de control de tráfico basados en tiempos fijos, coordinados o responsivos por sistemas de control adaptativo de última generación. Una de las componentes más relevantes en el desarrollo de esos proyectos es la implementación masiva de sensores para la medición de tráfico.

Durante la fase de diseño de los sistemas se deben tomar determinaciones respecto a la ubicación de los sensores de tráfico. En la presente tesis se analiza de manera resumida el efecto de la ubicación de los sensores en sus tres variantes básicas.

Usando dos configuraciones, una asilada y una en red se muestra el impacto sobre obras civiles, cableados y los datos adquiridos para la planificación estratégica.

1.4.7.1 Ubicación de sensores

A continuación se analizan los tres casos básicos de medición de tráfico:

Medición “corriente arriba” •

Medición “corriente media” •

Medición “corriente abajo” •

Figura 1.15, muestra esquemáticamente la ubicación de los sensores y los movimientos de tráfico afectados.

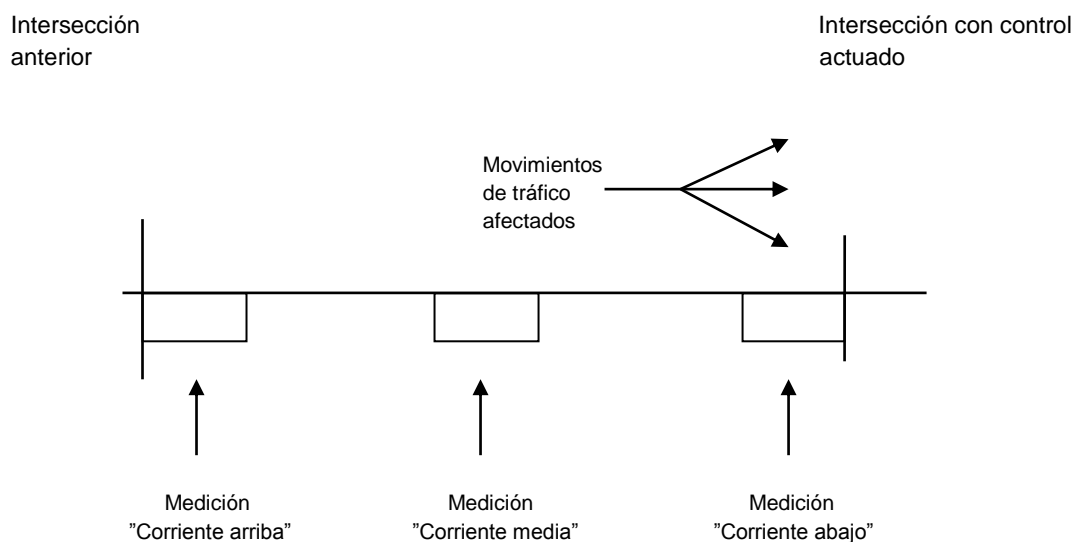
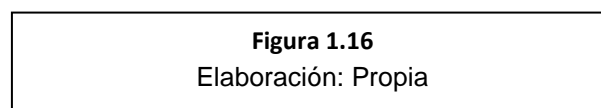


Figura 1.16 - Esquema de ubicación de sensores



Medición corriente arriba

La medición de tráfico “corriente arriba” se realiza en la intersección anterior a la intersección con control adaptativo buscando una situación de flujo libre del tráfico.

Medición corriente media

La medición de tráfico “corriente media” se realiza aproximadamente a media cuadra en ciudades o a una distancia entre 50m y 100m desde la boca de la intersección con control adaptativo. La distancia depende de la velocidad e intensidad del tráfico buscando según la estrategia de control la medición de tráfico en flujo libre o de colas.

Medición corriente abajo

La medición de tráfico “corriente abajo” se realiza en la boca de la intersección con control adaptativo en cercanías de la línea de pare buscando la medición de ocupación y brechas entre vehículos.

Es importante conocer la forma de medición a fin de conocer la manera en como se debe con figurar los sensores virtuales de video.

Funcionamiento

Los sensores virtuales de video son un reemplazo de los sensores electromagnéticos y analizan una imagen de video viva de un tramo de vía.

En lugar de las espiras físicas se colocan espiras virtuales o zonas de detección, las cuales se dibujan con un ratón sobre la imagen de vídeo.

Los sensores virtuales de video hacen parte de los sensores no intrusos, que no tienen ninguna intervención a nivel de la infraestructura vial.

La gran mayoría de detectores permiten el registro directo de las siguientes informaciones de tráfico:

- Conteo de vehículos
- Clasificación de vehículos por su tamaño
- Velocidad
- Incidentes
- Vehículos en contravía
- Vehículos estacionados

Sensores modernos detectan a parte de vehículos motorizados también bicicletas y peatones. Con el fin de obtener resultados genéricos solo se tomará en cuenta el conteo de tráfico.

Configuración civil

Los sensores virtuales de video requieren de una cámara fija instalada en la ménsula de un poste semafórico u otro poste si ese no es disponible. En la figura 1.16 se muestra la configuración de obras civiles para una ubicación corriente abajo.

Para una detección corriente arriba o corriente media se requiere adicionalmente un poste con brazo para la cámara ya que no se puede usar la ménsula de los postes semafóricos, tal como está ilustrado en la Figura 1.17

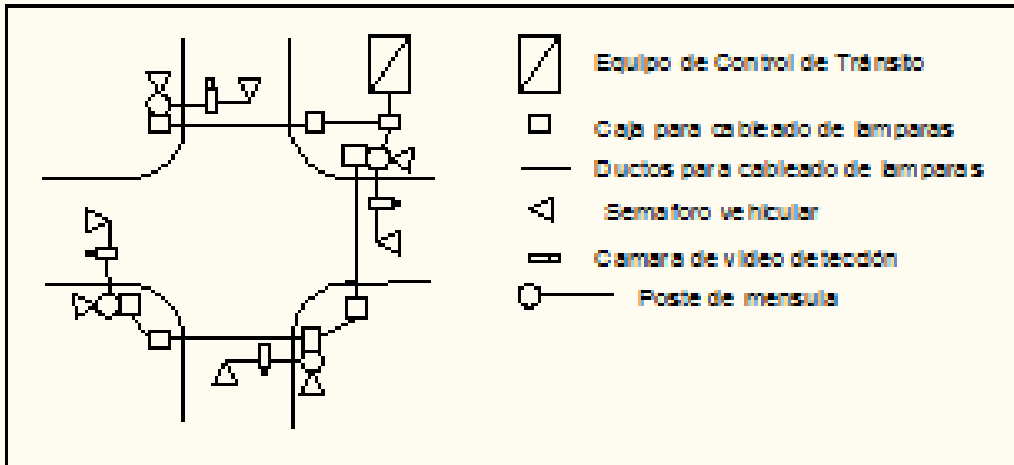


Figura 1.17 – Configuración de las obras civiles para corriente abajo

Figura 1.17
Fuente: Andinatraffic

En la Figura 1.18, muestra como se conecta la cámara fija de video detección a través de una unidad de procesamiento de video detección al controlador de tráfico. Entre la cámara y el procesador se maneja una transmisión análoga de video para asegurar la máxima calidad de los imágenes.

El calibre del cable coaxial es acorde a la distancia. Hasta 300 metros de distancia la detección es de alta calidad.

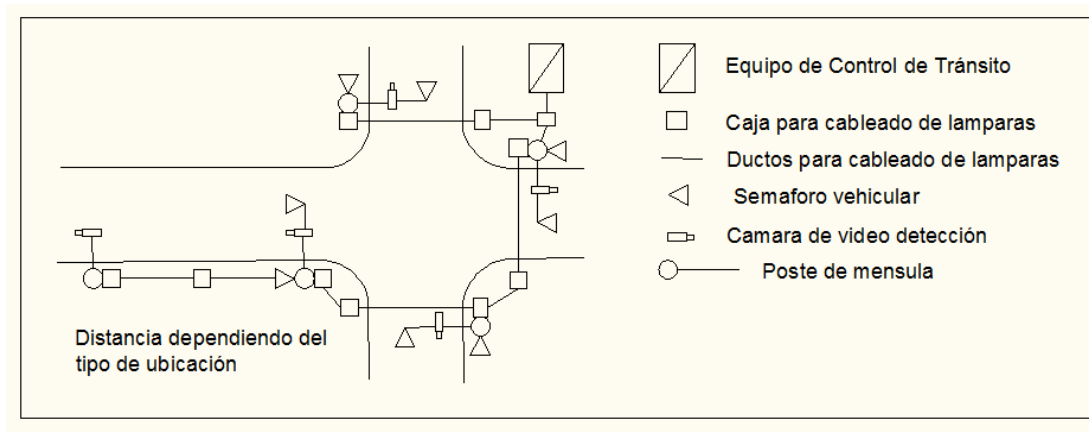


Figura 1.18 – Configuración de las obras civiles para corriente arriba y corriente media

Figura 1.18
Fuente: Andinatraffic

Configuración de sensores virtuales

Adicional a la instalación, los sensores virtuales de video requieren de una configuración, la cual se realiza en tres etapas:

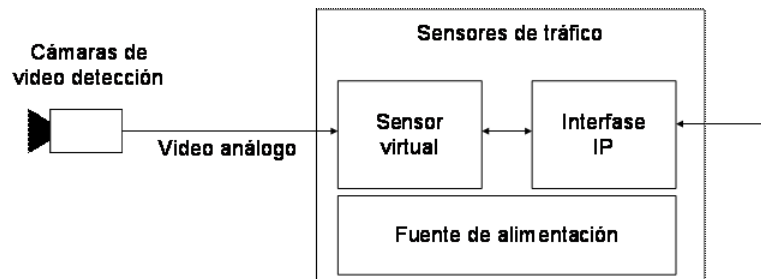


Figura 1.19 - Esquema de la conexión eléctrica y electrónica de los sensores virtuales de video

Figura 1.19
Fuente: Sistema de Control de Trafico de Cuenca

Configuración básica, donde se calibra la imagen y sus parámetros ópticos como detección de sombras, neblinas y otras variaciones de iluminación.

Configuración de tráfico, donde se sitúan los reemplazos virtuales de los sensores electromagnéticos

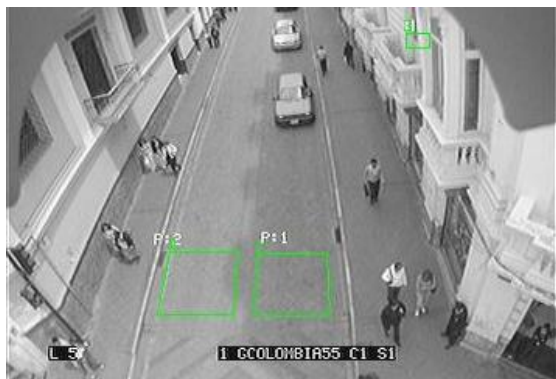


Figura 1.20
Fuente: Elaboración Propia

Configuración de lógicas, etiquetas y salidas, donde se asignan etiquetas, relacionan zonas de detección con funciones lógicas y se asignan salidas adicionales para la generación de archivos de salida para el planeamiento de tráfico.

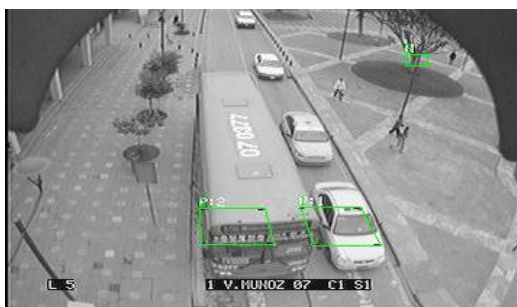


Figura 1.21
Fuente: Elaboración Propia

La configuración de los sensores virtuales de video puede ser realizada de manera local, en la intersección o central, desde el centro de control de tráfico. En la Figura 1.19 se muestra la

configuración de un sensor de video de manera remota desde el centro de control de tráfico.

En el caso de las intersecciones centralizadas es importante distinguir de dos tipos de manejo de datos de tráfico:

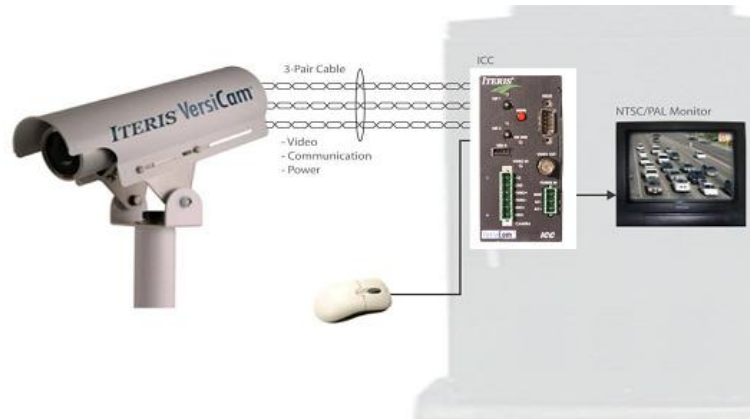


Figura 1.22
Fuente: Elaboración Propia

Envío unidireccional de datos o concentración local de datos
Envío multidireccional de datos o distribución zonal de datos



Figura 1.23: Central de Zona
Fuente: TYCO TRAFICC

En el caso del envío unidireccional los sistemas modernos envían los datos de tráfico desde las intersecciones vecinas hacia la intersección adaptativa analizada, vía la central de tráfico, y la distribución zonal de datos se realiza mediante las centrales de zona que manejan paquete de datos por áreas.

En el caso de un sistema no centralizado la ubicación más favorable es la de "corriente abajo" dado el considerable aumento de las cantidades de obras, cableados y el requerimiento de postes

adicionales en el caso de las cámaras de video detección.

En el caso de un sistema centralizado la decisión depende claramente de las comunicaciones. Mientras que los sistemas de "corriente media" son claramente los menos favorables por su ubicación equidistante entre las intersecciones, los sistemas "corriente arriba" y "corriente abajo" son económicamente parecidos, con la diferencia que para la ubicación "corriente arriba" la red de comunicaciones debe ser muy sólida y además redundante.

Los sistemas que operan "corriente arriba" con información de datos de tráfico de intersecciones vecinas son muy sensibles a los retrasos de paquetes de datos. Por ejemplo el sistema de control adaptativo SCOOT con ubicación de sensores

“corriente arriba” requiere de un ancho de banda mínimo de 2 Mbit/s para transmitir solo pocos kbit/s en datos de tráfico desde las intersecciones vecinas.

Además en el caso de una ruptura de comunicación los sistemas que transmiten información de las intersecciones vecinas deben entrar un modo de operación en función de datos históricos, el cual es lejos de ser óptimo en sus resultados.

Así que teniendo en cuenta lo anterior, la ubicación mas favorable sigue siendo la de “corriente abajo”. Pero para llegar a una viabilidad clara , se debería hacer un estudio detallado para cada ciudad antes de decir que tipo de ubicación se usa para el sistema de control adaptativo.

CAPITULO 2:

TIPOS DE TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN.

En este capítulo se indican las diferentes tecnologías de comunicación basadas en hilo de cobre, fibra óptica e inalámbrica que tiene su aplicación para las diferentes sistemas de comunicación. Así como sus ventajas y desventajas para cada una de ellas, este debe ser un tema que el Ingeniero de Tránsito lo debe tener muy en cuenta al momento de implementar un Sistema Semafórico, ya que es una de las partes que mas determina el buen funcionamiento de los Sistemas de Control de Tráfico.

2.1 Comunicación por hilo de cobre.

En esta sección se indican las tecnologías xDSL, cuyo mecanismo de transmisión es a través de hilo de cobre implantadas en muchas practicas y procesos constructivos para la transmisión de información así como sus ventajas y desventajas para cada una de ellas

2.1.1 xDSL: Digital Subscriber Line

xDSL siglas de Digital Subscriber Line (o línea de abonado digital) es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre la línea de abonado de la red basada en hilo de cobre.

Los tipos actualmente existentes son: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.

En la figura 2.1 vemos por familias como están distribuidas estas tecnologías xDSL según el rango de cobertura en kilómetro y la velocidad (simétrica/asimétrica) en Mbps.

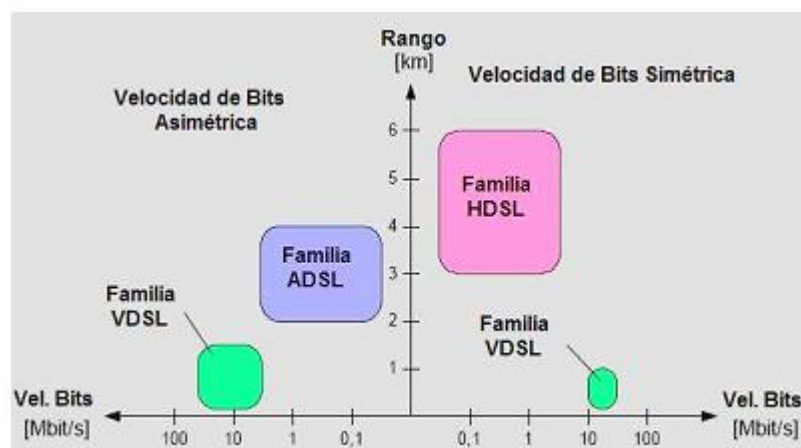


Figura 2.1

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Casteldefells.

Tienen en común que utilizan el par trenzado de hilos de cobre convencionales de las líneas telefónicas para la transmisión de datos a gran velocidad.

De todos los tipos anteriormente citados, en el presente trabajo solamente se indicaran las más comunes que se consideran para la puesta en marcha de un proyecto de semaforización centralizada.

2.1.1.1 ADSL: Asymmetric DSL

En diferentes proyectos que se han implementado, las tecnologías en redes de acceso, más utilizadas o con mayor cuota de mercado son las ADSL. ADSL son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line ("Línea de Abonado Digital Asimétrica"). Consiste en una línea digital de alta velocidad (banda ancha), apoyado en el par simétrico de cobre que lleva la línea telefónica convencional o línea de abonado.

Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha, lo que implica, mayor capacidad para transmitir datos, que, a su vez, se traduce en mayor velocidad. Esto se consigue mediante la utilización de una banda de frecuencias más alta que la utilizada en las conversaciones telefónicas convencionales (300 - 3.400Hz) por lo que, para disponer de ADSL, es necesaria la Instalación de un filtro (llamado splitter o discriminador) que se encarga de separar la señal telefónica convencional de la que se usa para conectarse con ADSL, así se puede identificar la transmisión de datos útiles para el Sistema Semaforico .

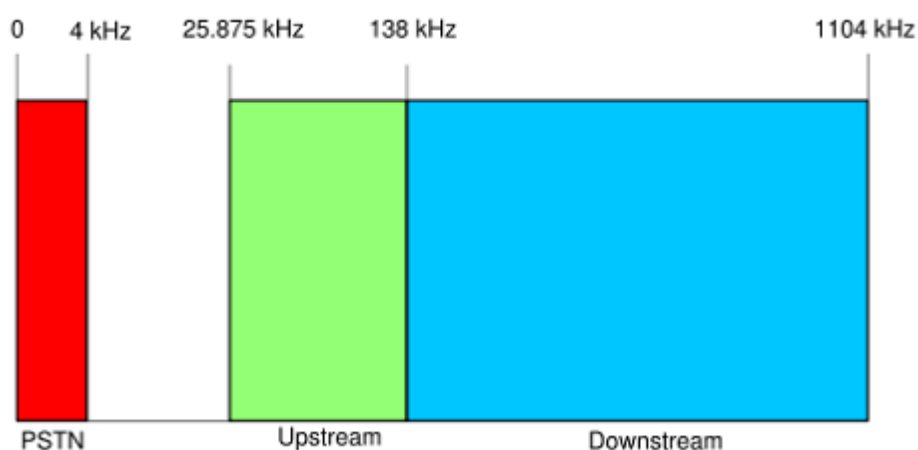


Figura 2.2
Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

Rango de frecuencias de líneas ADSL, en rojo la telefonía tradicional, en verde las frecuencias del canal de subida y en azul las frecuencias del canal de bajada

Esta tecnología se denomina asimétrica debido a que la velocidad de descarga (desde la Red hasta el usuario - Downstream) y de subida de datos (en sentido inverso-Upstream) no coinciden. Normalmente, la velocidad de descarga es mayor que la de subida.

En una línea ADSL se establecen tres canales de comunicación, que son el de envío de datos, el de recepción de datos y el de servicio telefónico normal. Estos canales quedan reflejados en la figura 2.2

Las velocidades máximas que ofrece la tecnología ADSL actual implantadas son de 8 Mbps en enlace descendente y de 0,8 Mbps en ascendente.

ADSL presenta una serie de ventajas y de inconvenientes respecto al resto de tecnologías que veremos a continuación:

Tabla 2.1 : Comparativo de ventajas e inconvenientes de tecnología ADSL

VENTAJAS	INCONVENIENTES
Utilización de una estructura existente (lade lared de telefonía) y por tanto es más barato y rápido de implementar. No requiere de obra civil.	No todas las líneas telefónicas puede no ofrecer este servicio. Se requiere un mínimo de calidad en el sonido y atenuación de la línea.
Posibilidad de hablar por teléfono mientras se navega por la red.	La distancia es limitada. No pueden sobrepasarlos5,5km.
Los usuarios disponen de conexión permanente a internet . Esto es posible debido a que existe una comunicación punto a punto y por tanto la línea entre el usuario y la central no es compartida	La instalación requiere de mantenimiento que se realiza una vez instalado el servicio.
Se garantiza un mínimo de ancho de banda dedicado a cada usuario y se aumenta la QoS	El router necesario para disponer de conexión es relativamente caro.
La conexión se realiza por cable y por tanto es mucho mas económica que la fibra óptica.	La tecnología no permite satisfacer las necesidades de ninguno de los mercados.

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Casteldefells.

2.1.1.2. ADSL 2+

Antes de llegar a la tecnología ADSL2+ se pasó por la ADSL2 que viene a ser un paso intermedio entre las ADSL simples estudiadas en el punto anterior y las ADSL2+ que se verán a continuación.

ADSL2+ tiene un funcionamiento muy parecido al de las ADSL convencionales con las novedades de que ofrecer las siguientes ventajas:

- Tasas de transferencia más elevadas.
- Más ancho de banda que permite mejorar la supervisión de la conexión y la QoS.
- Mejoras en los aparatos que proveen de servicio a los clientes.
- Mejoras en los diagnósticos durante la fase de instalación.
- Incorporación de mecanismos que permiten el cambio de velocidad sin que se produzcan errores de sincronismo a la vez que se procesa la información.
- Mejoras orientadas a la optimización del consumo de energía.
- Se añade la posibilidad de dividir el ancho de banda en distintos canales en donde cada canal puede tener una aplicación independiente. Esto también supone una mejora en la QoS.
- Permite utilizar el ancho de banda reservado para la telefonía para transmisión de datos y así obtener mayor velocidad de subida (upstream).
- Se minimiza el tiempo de establecimiento de conexión desde el terminal al proveedor.

A continuación se puede apreciar una tabla comparativa de las diferentes tecnologías ADSL existentes:

	ADSL	ADSL 2	ADSL 2+
Ancho de banda de bajada	0,5 MHz.	1,1 MHz.	2,2 MHz.
Velocidad máxima de subida	0,8 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad máxima de bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 km.	2 km.	2,5 km.
Tiempo de sincronización	10 a 30 seg.	3 seg.	3 seg.
Corrección de errores	No	Sí	Sí

Tabla 2.2: Comparativo sobre las tecnologías ADSL

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

Los principales inconvenientes del ADSL se deben a que hasta las versiones más mejoradas y modernas no son suficientes para satisfacer los requisitos superiores, ni siquiera los menos exigentes (pequeños sistemas de control de tráfico).

Para ver cómo se consigue esta mejora en las prestaciones se puede ver la figura 2.3, que nos muestra como se amplían los rangos desde 1,1MHz hasta los 2,2MHz y con ello conseguir la ganancia en prestaciones para la descarga (upload).

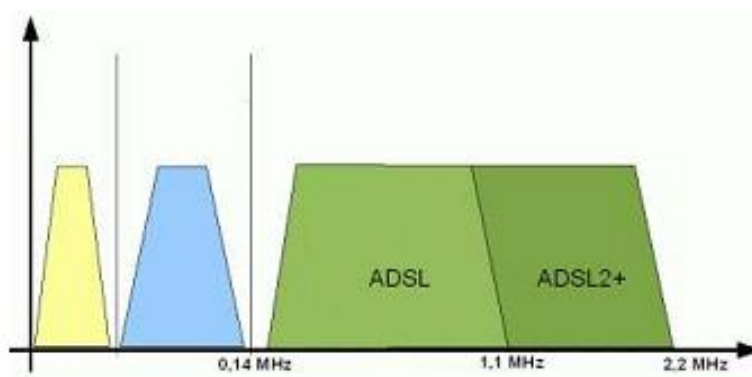


Figura 2.3: Rango de frecuencias del ADSL y del ADSL 2+

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

El mayor problema lo muestra la figura 2.4 en la que podemos observar el descenso brutal de capacidad a partir del segundo kilómetro de alcance tanto para ADSL como para una de sus versiones mejoradas.

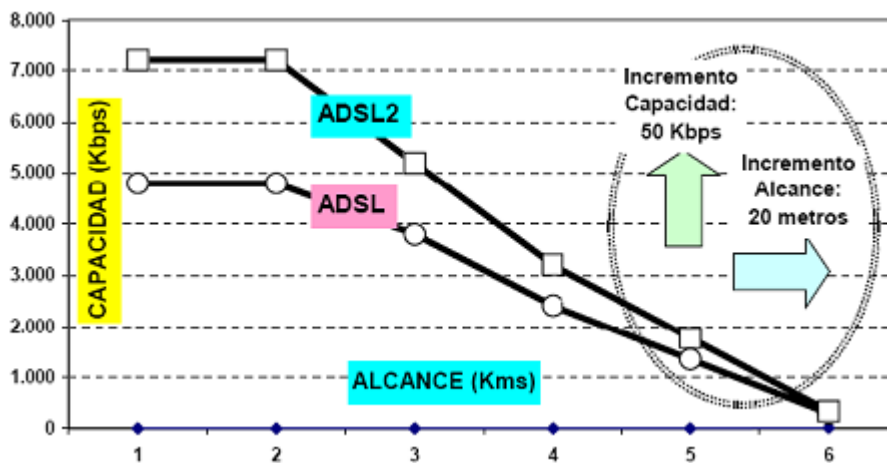


Figura 2.4: Grafico Capacidad - Distancia
Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el

2.1.1.3. VDSL: Very high bit-rate DSL

VDSL son las siglas de Very high bit-rate Digital Subscriber Line (DSL de muy alta tasa de transferencia). Es una tecnología xDSL que proporciona una transmisión de datos hasta un límite teórico de 52 Mbps de bajada y 16 Mbps de subida sobre una simple línea de par trenzado.

Actualmente, el estándar VDSL utiliza hasta cuatro bandas de frecuencia diferentes, dos para la subida (del cliente hacia el proveedor) y dos para la bajada.

VDSL es capaz de soportar aplicaciones que requieren un alto ancho de banda como para transmisión de sistemas de circuito cerrado de televisión.

Las ventajas que aporta VDSL es que su funcionamiento es similar a las ADSL tradicionales pero ofreciendo unas velocidades asimétricas mayores y con ello conseguir lo que realmente necesitan algunos de los sectores en materia de comunicación.

Las velocidades que resultan del uso de VDSL se dan gracias al concepto FTTC y FTTN que vienen a ser Fiber to the Curb y Fiber to the Neighborhood o lo que es lo mismo, fibra hasta la acera o hasta la comunidad de vecinos. Con esto se consiguen que las VDSL sean más costosas que las ADSL tradicionales (hay más tendido de fibra óptica) pero por otro lado se consigue una distancia desde el abonado a la "central" menor, repercutiendo positivamente en las prestaciones de la línea.

Tal y como hemos apreciado anteriormente, cuanto mayor es la distancia, mayores pérdidas de capacidad (Kbps) tenemos y por ello la inversión en conceptos como el FTTN son de vital importancia.

Una de las ventajas de VDSL es que puede operar tanto en modo simétrico como en asimétrico.

En la tabla 2.3 se muestran algunas velocidades típicas de VDSL en función de la longitud de la línea, para los modos de funcionamiento simétrico y asimétrico. Con fondo gris el funcionamiento asimétrico y con fondo blanco el simétrico.

Distancia (metros)	Velocidad de datos en sentido descendente (Mbps)	Velocidad de datos en sentido ascendente (Mbps)
300	52	6.4
300	26	26
1000	26	3.2
1000	13	13
1500	13	1.6

Tabla 2.3: Velocidades típicas de VDSL en función de la distancia

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

Desde el punto de vista tecnológico, VDSL puede considerarse como la sucesora de ADSL.

En sentido descendente ADSL proporciona transporte de datos de varios Mbps, mientras que en sentido ascendente proporciona cerca de 1 Mbps. VDSL puede

transportar datos de video y de otros tipos de tráfico a velocidades de hasta 52 Mbps, de cinco a diez veces superiores a ADSL.

En el entorno de oficinas, VDSL satisface la demanda, siempre creciente, de acceso de datos más rápido y hace realidad, por ejemplo, las llamadas de videoconferencia de gran calidad entre varias localidades, que funcionan adecuadamente entre varios centros de control interconectados. Entre las aplicaciones típicas que VDSL puede soportar, se encuentran la interconexión de VPN y LAN.

Debido a las limitaciones de distancia, VDSL será suministrada a menudo desde un gabinete situado en la calle equipado con una fibra óptica conectada a la red backbone. Esta topología, es la FTTC y se muestra en la Figura 2.5

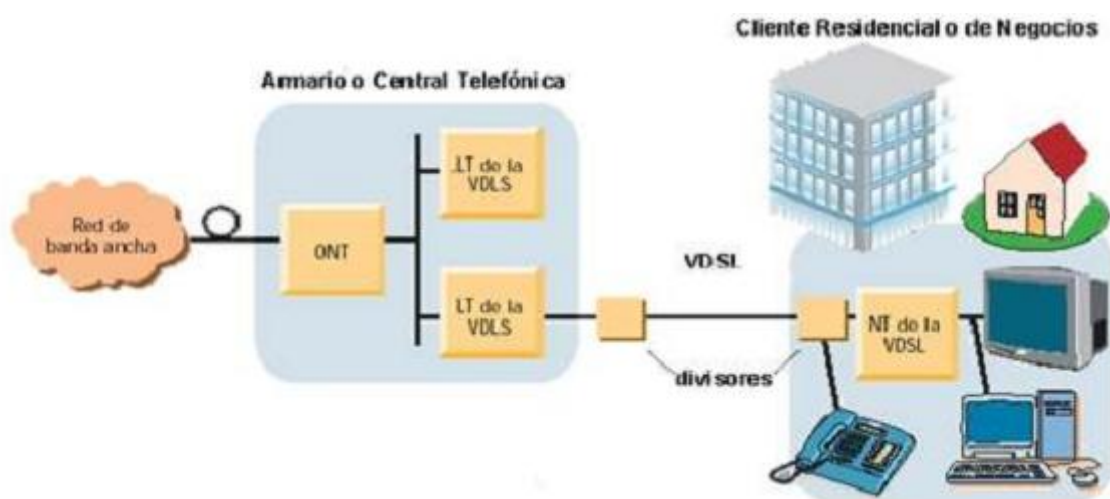


Figura 2.5: Tipología VDSL
Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

VDSL ha sido diseñado para el envío al usuario de servicios de banda ancha asimétricos, incluyendo difusión digital de TV , video bajo demanda (VoD), acceso a Internet de alta velocidad, aprendizaje a distancia, centros de control de bajo costo, entre otros. El envío de estos servicios requiere que el canal de bajada tenga mayor ancho de banda que el canal de subida por lo que es asimétrico.

La distancia sobre la que pueden utilizarse tales velocidades está limitada debido a limitaciones físicas, principalmente la elevada atenuación con la frecuencia de los pares trenzados. Generalmente, VDSL funcionará en líneas de longitud inferior a 1.5 Km, y dentro de lo que son Sistemas Semafóricos su aplicación va encaminada para ciudades pequeñas, para lo cual se necesita tener muy en cuenta esta situación.

Distancia típica del Servicio	Velocidad de bit (Mbps)	Velocidad de símbolo (Mbauds)
Corta Distancia 300 m	51.84	12.96
	38.88	12.96
	29.16	9.72
	25.92	12.96
Media Distancia 1000 m	25.92	6.48
	22.68	5.67
Larga Distancia 1350 m	14.58	4.86
	12.96	6.48
	12.96	3.24
	9.72	3.24
	6.48	3.24

Tabla 2.4: Velocidades en Mbps y Mbauds de VDSL asimétrica en sentido descendente con ANSI T1/E1.4

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Casteldefells.

VDSL también se ha diseñado para proveer servicios simétricos para clientes de negocios pequeños y medianos, como, aplicaciones de datos de alta velocidad, aplicaciones de video de teleconferencia y tele consulta, esto es necesario tener en cuenta si se quiere armar oficinas de control de tráfico que permiten tener acceso rápido y económico, en lo referente a sistemas semafóricos los mismos son utilizados cuando se tiene una red no muy grande.

El objetivo original de ADSL fue el envío de un conjunto completo de servicios de banda ancha para usuarios residenciales. La realidad es que ADSL es una tecnología de solo Internet y es adecuada para sistemas semafóricos en los cuales se ha desarrollado este tipo de comunicaciones, y no se quiere cambiar dicha estructura y que su longitud de cobertura no es muy extensa.

La Tabla 2.5 ilustra que en grandes distancias, ADSL se ve limitado en el envío de un complemento completo de servicios de banda ancha. VDSL, por otro lado, se adapta mejor para el envío de estos servicios en el presente y en el futuro. Las comparaciones realizadas están basadas en el estándar ADSL de la UIT-T de 6 Mbps y 640 Kbps

Aplicación	Sentido descendente	Sentido ascendente	ADSL	VDSL
Acceso a Internet	400 Kbps-1.5 Mbps	128 Kbps-640 Kbps	Sí	Sí
Web Hosting	400 Kbps-1.5 Mbps	400 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Video conferencia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Video bajo demanda	6 Mbps-18 Mbps	64 Kbps-128 Kbps	No	Sí
Video interactivo	1.5 Mbps-6 Mbps	128 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Telemedicina	6 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
Aprendizaje a distancia	384 Kbps-1.5 Mbps	384 Kbps-1.5 Mbps	No	Sí
TV digital múltiple	6 Mbps-24 Mbps	64 Kbps-640 Kbps	No	Sí
VoD múltiple	18 Mbps	64 Kbps-640 Kbps	No	Sí
TV de alta definición	16 Mbps	64 Kbps	No	Sí

Tabla 2.5: Requerimientos de aplicaciones: ADSL vs VDSL.

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfelfs.

En la tabla indicada anteriormente no está sistemas semafóricos pero debe comprenderse que los no has sido catalogados con esa denominación, pues una red semafórica puede tener un sistema de tv, video interactivo para transmisión de información , acceso a internet para envió de información, envió de datos, con los

requerimientos anteriormente indicados se puede empezar a dimensionar un sistema semafórico y determinar que ancho de banda es el necesario.

2.1.1.4. VDSL 2

VDSL2 (Very-High-Bit-Rate Digital Subscriber Line 2) Línea digital de abonado de muy alta tasa de transferencia, que aprovecha la actual infraestructura telefónica de pares de cobre.

El estándar ITU-T G.993.2 VDSL2 es el más nuevo y avanzado de comunicaciones DSL, y está diseñado para soportar los servicios conocidos como "Triple Play", tales como voz, video, datos, televisión de alta definición (HDTV) y juegos interactivos.

ITU-T G.993.2 permite la transmisión simétrica o asimétrica de datos, llegando a velocidades superiores a 200 Mbit/s. Contra esta velocidad de transmisión actúa la rápida pérdida debido a la distancia, ya que los 250 Mbit/s que salen de la central se reducen a 100 Mbit/s a los 0,5 km, y a 50 Mbit/s a 1 km de distancia. A partir de ahí el descenso de velocidad es mucho menos precipitado, y la pérdida es menor en comparación con VDSL. A 1,6 km el rendimiento es igual al de ADSL2+.

Como se ha mencionado, una vez superado el primer kilómetro de distancia a la central la tasa de pérdida es mucho más lenta, por lo que se consiguen velocidades del orden de 1 a 4 Mbit/s (Downstream - bajada) a 4 ó 5 km de distancia.

A medida que la longitud del bucle se acorta, sube la relación de simetría, llegando a más de 100 Mbit/s (tanto upstream como downstream) con las condiciones idóneas.

De este modo la tecnología VDSL2 no está meramente limitada a cortos bucles, sino que puede ser utilizada con calidad en medias distancias.

2.2. Redes inalámbricas

Las redes inalámbricas son utilizadas actualmente en ámbito local o LANs. Existen diferentes proyectos para la implantación de este tipo de redes en colectivos (Proyecto FON) y áreas de gran alcance (WiMAX como en la ciudad de Guayaquil). Su aplicación en sistemas semafóricos es más recomendable en intersecciones importantes por su volumen de tráfico pero que tienen un modo de tipo aislado. A continuación explicamos que es el Wi-fi y sus características para tener un criterio adecuado en las aplicaciones de los Sistemas Semafóricos, y cuando puede ser factible aplicar estos métodos de comunicación.

2.2.1. Introducción al Wi-Fi

El Wi-Fi se basa en un conjunto de estándares y especificaciones que regulan el uso de redes inalámbricas basadas en los protocolos IEEE 802.11.

Wi-Fi es una marca de la Wi-Fi Alliance, organización comercial que certifica que los equipos cumplen los estándares IEEE 802.11x. Fue desarrollada por Kyle Brown y en un inicio solo describía la tecnología usada para las redes de área local sin cable

(WAN, wireless area network). Actualmente, se empieza a usar para otros muchos servicios, incluyendo el acceso directo con servidores de Internet, la telefonía VoIP .

La persona que disponga de dispositivos compatibles con Wi-Fi se puede conectar a la LAN o a Internet siempre y cuando se encuentre dentro del alcance de un punto de acceso o de un router que ofrezca este servicio. La región que alcanzan estas zonas Wi-Fi se llama hotspot y pueden solaparse creando así zonas de varios kilómetros cuadrados.

El Wi-Fi ofrece así un estándar de conexión donde certifica al usuario que todos los fabricantes de telecomunicaciones usaran este estándar y asegura al usuario que no tendrá ningún tipo de problema de compatibilidades.

2.2.2. Características

El grupo de protocolos 802.x definen la tecnología de redes de área local. Dentro de este grupo de protocolos, la norma IEEE 802.11 es un estándar de comunicaciones que define el uso de la capa física y de enlace de datos especificando el funcionamiento en redes inalámbricas (WLAN). A partir de 1997 y con una velocidad de 1 hasta 2 Mbps se consiguió trabajar en la frecuencia de 2,4 GHz. Éste estándar es muy similar al 802.3 (Ethernet) con la diferencia que tiene que adaptar todos sus métodos al medio no guiado de transmisión. En este estándar, se encuentran las especificaciones tanto físicas como a nivel MAC.

Del grupo de protocolos IEEE 802.11 podemos remarcar:

El IEEE 802.11b aparece en el año 1999 consta de velocidades de 5 hasta 11 Mbps y trabajando en la misma frecuencia, 2,4 GHz. En la práctica, la velocidad máxima de transmisión con este estándar es de aproximadamente 5.9 Mbps sobre TCP y 7.1 Mbps sobre UDP.

El IEEE 802.11a aparece sobre el año 1999 realizando una especificación sobre una frecuencia de 5 GHz que alcanza los 54 Mbps, pero resultaba incompatible con los productos de la 802. En los Estados Unidos y Japón se utiliza este estándar conocido también como Wifi 5, pero en la Unión Europea no está aprobado todavía para operar en la banda de 5 GHz.

El IEEE 802.11g aparece en el 2003 el cual se adapta perfectamente al ya existente 802.11b. Trabaja sobre una frecuencia de 2.4 Ghz y a una velocidad máxima de 54 Mbps teórica. En la práctica llega a 15 Mbps aproximadamente. La ventaja que tienen estos protocolos es que la frecuencia de 2.4 Ghz no necesitan permisos para su uso pero pueden sufrir interferencias por parte de microondas, teléfonos inalámbricos y otros equipos que utilicen la misma frecuencia. En el caso del Bluetooth se soluciona esta incidencia a partir de la versión 1.2 por lo que no causa ninguna interferencia con este protocolo. Actualmente se venden equipos con este protocolo que permiten hacer comunicaciones de hasta 50 km con las antenas parabólicas apropiadas.

En la actualidad se está desarrollando el protocolo 802.11n que se espera que alcance los 500 Mbps. La seguridad viene integrada en el protocolo. Se estima que estará lista en el 2008 aunque ya haya dispositivos que se han adelantado al protocolo y ofrecen de forma no oficial éste estándar con la

promesa de actualizaciones para cumplir el estándar cuando su versión definitiva esté implantada.

En el 2005 apareció el estándar IEEE 802.11e que incluye garantías de Calidad de Servicio, mejorando así el soporte del tráfico en tiempo real en todo tipo de entornos y situaciones que posee el grupo de protocolos 802.11. El IEEE 802.11e introduce nuevos mecanismos a nivel de capa MAC para soportar los servicios que requieren garantías de Calidad de Servicio.

2.2.3. Funcionamiento de dispositivos Wi-Fi

Podemos distinguir dos tipos de redes: las punto a punto (Peer-to-Peer / Ad-Hoc) y las basadas en puntos de acceso y routers. Pasamos a comentarlas a continuación:

Punto a punto / Peer-to-Peer / Ad-Hoc:

Las redes punto a punto, no necesitan puntos de acceso ni routers para su creación. Sus características son muy reducidas y solo pueden utilizarse en casos muy concretos. Para la creación de una red de este tipo se necesitan dos dispositivos inalámbricos Wi-Fi, que se comuniquen entre ellos para enviarse y recibir información mutuamente. Para una mejor visión podéis ver el diagrama mostrado a continuación:



Redes locales inalámbricas / WLAN (Wireless Local Area Network):

Las redes locales inalámbricas consisten, a diferencia de las Ad-Hoc, en redes mucho más elaboradas, amplias y con gran proyección. Para la utilización de este tipo de redes, es necesario la utilización de uno o diversos puntos de acceso (en función de la extensión de la red), así como la utilización de un Router, en caso de que deseemos que nuestra red local tenga acceso a Internet.

En este tipo de redes se pueden situar o posicionar un grupo limitado de puntos de acceso, de manera que podamos cubrir una extensión de terreno bastante amplia debido a que la amplitud de señal de los puntos de acceso o routers es limitada.

También destacar que las redes locales inalámbricas pueden combinarse con redes locales de cable mediante la conexión de los diversos dispositivos (pc's, impresoras, etc.) a un hub/switch y este a uno de los puntos de acceso o al router. De esta manera creamos lo que denominaríamos una red local mixta donde convergen las tecnologías de cable e inalámbricas. Este tipo de sistemas son los más utilizados en Sistemas Semafóricos ya que por las diversas necesidades se empiezan a combinar tecnologías.

En el esquema siguiente se puede ver detalladamente como funcionaría gráficamente lo expuesto en este párrafo.



Figura 2.6: Arquitectura mixta de LAN cableada e inalámbrica
Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Casteldefells.

2.3. Comunicación por fibra óptica

Tal vez es el medio de comunicación más utilizado en Sistemas Semafóricos y para comprender la comunicación basada en fibra óptica se debe comprender lo referente a una **red óptica pasiva** (del inglés Passive Optical Network, conocida como **PON**) la cual permite eliminar todos los componentes activos existentes entre el servidor y el cliente introduciendo en su lugar componentes ópticos pasivos (divisores ópticos pasivos) para guiar el tráfico por la red, cuyo elemento principal es el dispositivo divisor óptico (conocido como splitter). La utilización de estos sistemas pasivos reduce considerablemente los costes y son utilizados principalmente en las redes FTTC, FTTN y FTTH.

2.3.1. Estructura y funcionamiento de una red de fibra óptica

Una red óptica pasiva está formada básicamente por:

Un modulo OLT (Optical Line Terminal - Unidad Óptica Terminal de Línea) que se encuentra en el nodo central.

Un divisor óptico (splitter).

Varias ONUs (Optical Network Unit - Unidad Óptica de Usuario) que están ubicadas en el domicilio del usuario.

La transmisión se realiza entonces entre la OLT y la ONU que se comunican a través del divisor, cuya función depende de si el canal es ascendente o descendente. En definitiva, PON trabaja en modo de radiodifusión utilizando splitters (divisores) ópticos o buses.

Canal descendente:

En canal descendente, una red PON es una red punto-multipunto donde la OLT envía una serie de contenidos que recibe el divisor y que se encarga de repartir a todas las unidades ONU, cuyo objetivo es el de filtrar y sólo enviar al usuario aquellos contenidos que vayan dirigidos a él. En este procedimiento se utiliza la multiplexación en el tiempo (TDMA) para enviar la información en diferentes instantes de tiempo.

Canal ascendente:

En canal ascendente una PON es una red punto a punto donde las diferentes ONUs transmiten contenidos a la OLT. Por este motivo también es necesario el uso de TDMA para que cada ONU envíe la información en diferentes instantes de tiempo, controlados por la unidad OLT. Al mismo tiempo, todos los usuarios se sincronizan a través de un proceso conocido como "Ranging".

Aspectos a contemplar:

Para que no se produzcan interferencias entre los contenidos en canal descendente y ascendente se utilizan dos longitudes de onda diferentes superpuestas utilizando técnicas WDM (Wavelength Division Multiplexing). Al utilizar longitudes diferentes es necesario, por lo tanto, el uso de filtros ópticos para separarlas después. Finalmente, las redes ópticas pasivas contemplan el problema de la distancia entre usuario y central; de tal manera, que un usuario cercano a la central necesitará una potencia menor de la ráfaga de contenidos para no saturar su fotodiodo, mientras que un usuario lejano necesitará una potencia más grande. Esta condición está contemplada dentro de la nueva óptica.

2.3.2. Tipos de redes xPON

En el mercado actual se encuentran diferentes tipos de redes unidas al concepto xPON. Estos tipos son, en un principio: APON, BPON, EPON y GPON y en un futuro cercano: GEAPON.

Se pasa a detallar cada una de ellas por separado:

- APON (ATM ((Asynchronous Transfer Mode) Passive Optical Network):

Fue la primera red que definió la FSAN, un grupo formado por 7 operadores de telecomunicaciones con el objetivo de unificar las especificaciones para el acceso de banda ancha a las viviendas.

APON basa su transmisión en canal descendente en ráfagas de celdas ATM (Modo de transferencia asíncrona) con una tasa máxima de 155 Mbps que se reparte entre el número de ONUs que estén conectadas. En canal ascendente, a la trama de celdas ATM, se introducen dos celdas PLOAM para indicar el destinatario de cada celda y otra más para información de mantenimiento.

Su inconveniente inicial era la limitación de los 155 Mbps que más adelante se aumentó hasta los 622 Mbps.

- BPON (Broadband PON - Red Óptica Pasiva de Banda Ancha):

Se basan en las redes APON pero con la diferencia que pueden dar soporte a otros estándares de banda ancha. Originalmente estaba definida con una tasa de 155 Mbps fijos tanto en canal ascendente como descendente; pero, más adelante, se modificó para admitir: Tráfico asimétrico: Canal descendente -> 622 Mbps // Canal ascendente -> 155 Mbps. Tráfico simétrico: Canal descendente y ascendente -> 622 Mbps. No obstante presentaban un coste elevado y limitaciones técnicas.

- **GPON**(Gigabit-capable PON):

Está basada en BPON en cuanto a arquitectura pero, además ofrece:

- ✓ Soporte global multiservicio: voz, Ethernet 10/100, ATM, ...
- ✓ Cobertura hasta 20 Km.
- ✓ Seguridad a nivel de protocolo.
- ✓ Soporte de tasas de transferencia:
 - Simétrico: 622 Mbps y 1.25 Gbps.
 - Asimétrico: 2.5 Gbps (down) / 1.25 Gbps (up).

- **EPON**(Ethernet PON):

Especificación realizada por el grupo de trabajo EFM (Ethernet in the First Mile -

Ethernet en la primera milla) constituido por la IEEE para aprovechar las características de la tecnología de fibra óptica y aplicarlas a Ethernet. La arquitectura de una red EPON se basa en el transporte de tráfico Ethernet manteniendo las características de la especificación 802.3.

Las ventajas que presenta respecto los anteriores estándares son:

- ✓ Trabaja directamente a velocidades de gigabit (que se tiene que dividir entre el número de usuarios).
- ✓ La interconexión de islas EPON es más simple.
- ✓ La reducción de los costes debido a que no utilizan elementos ATM y SDH.

- Futura **GEPON**:

La IEEE aún está trabajando en la revisión de la especificación anterior para obtener un ancho de banda 10 veces más grande que recogerá el nuevo estándar GEPON.

A continuación vemos una tabla comparativa de las tecnologías xPON actual:

	APON/BPON	GPON	EPON
Velocidad del canal de bajada	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	622-1250-2500 Mbps (578-1160-2320 Mbps)	1250 Mbps (980 Mbps)
Velocidad del canal de subida	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	155-622-1250 Mbps (144-578-1160 Mbps)	1250 Mbps (612,5 Mbps)
Eficiencia	82% en "downlink" 73% en "uplink" Max. 32 usuarios por ONU	93% en "downlink" 93% en "uplink" Max. 64 usuarios por ONU	98% en "downlink" 97% en "uplink" Max. 32 usuarios por ONU
Tipo de laser	Clase B o C	Clase C	Clase B o C
Distancia	20/25 Km.	20/25 Km.	20/25 Km.

Tabla 2.6: Tecnologías
Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

2.3.3. Ventajas de las redes ópticas pasivas

Las principales ventajas son:

- Aumento de la cobertura hasta los 20 Km (desde la central). Con tecnologías DSL como máximo se cubre hasta los 5.5 Km. Ofrecen mayor ancho de banda para el usuario.
- Mejora en la calidad del servicio y simplificación de la red debido a la inmunidad que presentan a los ruidos electromagnéticos.
- Minimización del despliegue de fibra óptica gracias a su topología.
- Reducción del consumo gracias a la simplificación del equipamiento.
- Más baratas que las punto a punto.

2.4. Ventajas y Desventajas:

Analizada las diferentes tecnologías utilizadas para las redes de comunicación y que son necesarias conocer dentro de un proceso de implementación de un Sistema Semafórico, es necesario volver a recalcar las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de comunicación, es así que dentro de que son los medios de comunicación tenemos:

1. Hilo de cobre, dentro del cual tenemos: ADSL, ADSL2, ADSL2+, SDSL, IDSL, HDSL, SHDSL, VDSL y VDSL2.
2. Fibra Óptica, dentro del cual tenemos tenemos: APON, BPON, GPON, EPON, GEPON.
3. Inalámbrico.

En los capítulos anteriores se han enumerado las ventajas y desventajas desde el punto de visto de tecnología, indicando para cada una de ellas, pero para recalcar las mismas se cita nuevamente los cuadros comparativos:

Tecnología hilo de cobre:

	ADSL	ADSL 2	ADSL 2+
Ancho de banda de bajada	0,5 MHz.	1,1 MHz.	2,2 MHz.
Velocidad máxima de subida	0,8 Mbps	1 Mbps	1,2 Mbps
Velocidad máxima de bajada	8 Mbps	12 Mbps	24 Mbps
Distancia	2 km.	2 km.	2,5 km.
Tiempo de sincronización	10 a 30 seg.	3 seg.	3 seg.
Corrección de errores	No	Sí	Sí

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfells.

Tecnología fibra óptica:

	APON/BPON	GPON	EPON
Velocidad del canal de bajada	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	622-1250-2500 Mbps (578-1160-2320 Mbps)	1250 Mbps (980 Mbps)
Velocidad del canal de subida	155-622 Mbps (108-454 Mbps)	155-622-1250 Mbps (144-578-1160 Mbps)	1250 Mbps (612,5 Mbps)
Eficiencia	82% en "downlink" 73% en "uplink" Max. 32 usuarios por ONU	93% en "downlink" 93% en "uplink" Max. 64 usuarios por ONU	98% en "downlink" 97% en "uplink" Max. 32 usuarios por ONU
Tipo de laser	Clase B o C	Clase C	Clase B o C
Distancia	20/25 Km.	20/25 Km.	20/25 Km.

Fuente: Manual de tecnologías para comunicación para el Municipio de Castelfelfs.

Como se puede ver en los diferentes cuadros comparativos dependiendo del alcance del sistema semafórico y de las diferentes aplicaciones que se puedan tener en el mismo dependerá el tipo de medio a ser utilizado, es decir por ejemplo para una ciudad pequeña cuyo radio de cobertura de la red de semáforos no sobrepase los 2,5 km hacia el centro de control una red a través de hilo de cobre sería suficiente siempre y cuando no se transmita través del mismo otras aplicaciones como: cámaras de control de video, sistema de control de mensajes variables, sistemas de transmisión de foto multas, etc.

Si nuestra necesidad es cubrir varios de los aspectos como los enumerados anteriormente nuestra decisión deberá ser el aplicar una red de fibra óptica que incluso tiene una mayor área de cobertura para tener de poder expandir el sistema semafórico.

Los sistemas inalámbricos son aplicados cuando no existe un medio físico posible de poder comunicarse es decir los puntos de semaforización están muy alejados de la central de semaforización y existe inconvenientes por la geografía del sector. Su alcance además de eficiencia depende de la adecuada instalación de los equipos de comunicación (antenas repetidoras, routers, etc), en las ciudades de Latinoamérica no se realizado todavía con éxito una adecuada comunicación a través de este medio refiriéndose a sistemas semafóricos debido a las perdida de información que existe lo que ocasiona perdida de sincronización en redes semafóricas, por lo que su uso es para tener centralizado intersecciones aisladas que por su importancia es necesario mantener monitoreado, sin embargo todos los procesos tecnológicos se han ido mejorando esperando que ha futuro se pueda contar con este tipo de tecnología mejorada y aplicada a los sistemas de tránsito.

CAPITULO 3

SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁFICO ADAPTATIVOS

3.1 Sistema Adaptativo Scats.

3.1.1 Introducción:

El concepto general es que las señales de tráfico coordinadas son simplemente el suministro controlado de "ola verde", la progresión por la que un motorista que viaja a lo largo de un camino recibe una sucesión de señales verdes. Mientras que éste es un punto importante, el propósito principal del sistema de control es reducir al mínimo las paradas y el retardo. Además, cuando la demanda de tráfico está en o cerca de la capacidad del sistema, el objetivo del sistema es maximizar esa capacidad (número de vehículos por minuto) y reducir al mínimo la posibilidad de congestión del tráfico, controlando la formación de colas de espera.

La mayoría de los sistemas del control de tráfico de área controlan las señales sobre una base de "tiempo fijo" en la cual una serie de planes de sincronización de las señales se ponen en operación a determinadas horas del día. En cada plan, la sincronización de las señales individualmente y la relación de tiempo entre las señales se calculó de antemano, basándose en condiciones de tráfico previamente medidas. Como tal, un sistema de "tiempo fijo" no puede hacer frente a condiciones de tráfico no previstas. Además, como las condiciones del tráfico cambian con el paso del tiempo, los planes de tiempo fijo llegan a ser inadecuados. Esto requiere que el área sea re-examinada y nuevos planes de sincronización de las señales sean calculados. La experiencia ha demostrado que este procedimiento es costoso y requiere recursos que no están siempre disponibles. Consecuentemente, el desarrollo de nuevos planes o se difiere más allá de la vida útil de los viejos planes o se realizan cambios "estimados" a los planes y a los horarios, generalmente dando por resultado un funcionamiento muy por debajo del punto óptimo.

Así, un sistema adaptivo debe seguir minuto a minuto, en tiempo real, los cambios en la circulación y el comportamiento del tráfico, así como tendencias de mas largo plazo para evitar los problemas y las demandas antedichas de recursos y personal.

3.1.2. Configuración del sistema SCATS

SCATS se puede configurar en modo "Completamente Adaptivo" en el cual SCATS ajusta las sincronizaciones de las señales en cada intersección automáticamente sobre una base del ciclo-por-ciclo. Por ejemplo, si la calle menor se congestiona en el tiempo del cambio de turno de las fábricas, se le da más tiempo de verde. Esto se logra teniendo detectores en cada carril que miden el grado de saturación en cada carril. Las características incluyen:

- Desarrollo de la base de datos y desarrollo de las pantallas gráficas
- Transmitiendo y recabando los planes de tiempo y la configuración de los

controladores.

- Las tendencias históricas y en tiempo real
- La supervisión de alarmas
- La generación de reportes
- Múltiples niveles de acceso con contraseña

SCATS proporciona un método muy sofisticado de control adaptivo de las señales. La duración del ciclo, la división de las fases y las compensaciones se ajustan independientemente en base de la información dada ciclo-por-ciclo por detectores estratégicos. Esto proporciona ventajas importantes en un ambiente donde un incidente puede causar retardos masivos a los usuarios del camino. SCATS se adapta automáticamente a los patrones de tráfico que cambian como resultado de acontecimientos y de incidentes, por ejemplo:

- desplomes,
- falla de vehículo,
- variación diaria,
- variación estacional,
- eventos religiosos
- eventos deportivos o culturales,
- procesiones,
- interrupción debido a obras en la carretera,
- patrones cambiantes debido a los nuevos acoplamientos de camino,
- estacionamiento ilegal,
- obstrucción debido a inundaciones

Cualquier cambio importante en el tráfico puede requerir una generación de nuevos planes de control. Esto exige la reprogramación de los controladores locales, un ejercicio costoso, pero los cambios a los datos de control de SCATS a través del sistema informático central se realizan muy fácilmente.

Se cree que los tipos de acontecimientos y de incidentes enumerados previamente son causa de problemas importantes en las ciudades, pero debe ser mencionado que ningún sistema de control de señales de tráfico solucionara todos los impactos del tráfico. Es solamente con un sistema de control verdaderamente adaptivo que puede responder ciclo-por-ciclo a los cambios que tales impactos producen, que estos pueden ser reducidos al mínimo. La capacidad de cualquier sistema de responder depende del grado cobertura de los detectores y, a su vez, del número de intersecciones con control de fase distribuido. SCATS permite que los detectores sean instalados en todos los carriles importantes y tener control de fase distribuido en todas las intersecciones importantes.

3.1.3 Características de SCATS

- Cambio del plan por actividad del tráfico
- Cambio del plan por tiempo-del-día
- Cambio del plan por control remoto
- Monitoreo de las alarmas del detector y de las lámparas
- Monitoreo de la integridad del controlador
- Alarma de pérdida de los datos del tráfico
- Alarma de la congestión del tráfico

- Registro de alarmas a la terminal y/o al disco
- Observación/alteración de los tiempos del controlador
- Observación/alteración de los tiempos fijos de coordinación
- Detención manual (parada) de cualquier fase
- Validación de los mensajes de datos
- Exhibición de los datos de la comunicación
- Definición manual de la duración del ciclo
- Definición manual de las secciones de cada fase
- Estrategia almacenada en disco
- Biblioteca de rutinas y de instrucciones especiales
- Exhibición del diagrama de Tiempo y distancia
- Facilidades para imprimir lo mostrado en la pantalla
- Transferencias de una PC a la minicomputadora
- Gráficas en color
- Registro de actividad del operador
- Llaves y contraseñas de seguridad
- El archivar de la base de datos total
- El archivar de los tiempos y datos de configuración del controlador
- Facilidad de “mapa en la pared”
- Calibración diaria automática del flujo de saturación para cada carril
- Facilidad de ciclo doble
- Prioridad para los vehículos de VIP y de emergencia
- Almacenado de las rutas de prioridad de emergencia
- Acceso para una terminal del campo en cualquier controlador local
- Totales de tráfico cada cinco minutos de cualquier detector en el sistema
- Facilidad para mensajes entre terminales
- Medición y control de volúmenes de acceso
- Soporte y archivo del sistema

3.1.4 Sistema de CTU para una ciudad mediante Scats.

3.1.4.1 Equipo

El equipo que debe ser considerado abarca controladores locales, detectores, el equipo de comunicaciones, una computadora central de control de tráfico, computadoras regionales y los terminales de operador para apoyar un sistema SCATS de control tráfico en tiempo real completamente adaptivo. Cada computadora de control de tráfico regional, cuando está configurada completamente, apoya un máximo de 250 intersecciones.

3.1.4.2 Programas

El programa de software ofrecido es SCATS “Sydney Coordinated Adaptive Traffic System” que incluye:

- software local del controlador (TRAFF)
- software de control de tráfico (PCSCATS)
- software para las terminales de trabajo de los operadores (incluyendo soporte para gráficas) (SATSAccess)
- Registro de alarmas (Central_MAN)
- base de datos de totales de tráfico, exhibición y reportes, facilidades para calcular y reportar la eficacia del funcionamiento del sistema (Traffic_Reporter)

3.1.4.3 Diagrama y definiciones del sistema

El diagrama simplificado propuesto de SCATS para *su ciudad* es como sigue:

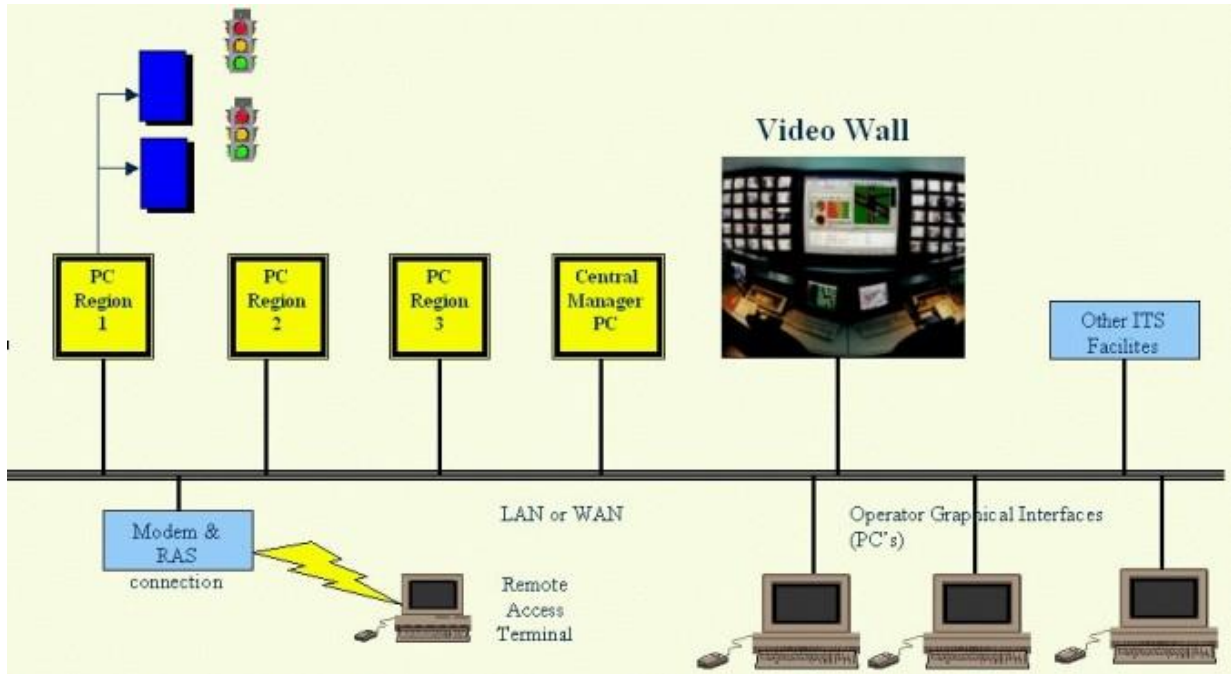


Figura 3.1: Diagrama y definición del sistema
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

Esta configuración (llamada “un sistema de SCATS independiente”) tiene capacidad de ser ampliado para controlar hasta 250 intersecciones.

3.1.4.4 Sensores / detectores de Vehículos

Los detectores pueden ser de 4, 8, 12 y 16 canales que proporcionan alta tolerancia al ruido, son auto-ajustables a una variación considerable de la inductancia y de operación libre interferencia entre canales.

3.1.4.5 Controladores de Tráfico Local

El controlador de tráfico local de Tyco aprobado para uso con SCATS está basado en microprocesadores, ofrece alta confiabilidad, bajo mantenimiento con un MTBF probado en exceso de 5 años. Los controladores de Tyco proporcionan las siguientes características de control de tráfico: control de la intensidad de la lámpara, supervisión de la lámpara, protección de sobrevoltaje, fusibles electrónicos en todas las terminales de lámpara, regulación del voltaje de la lámpara para maximizar la vida del bulbo, monitoreo

de conflictos y un sistema exhaustivo de monitoreo y reporte de fallas.

3.1.4.6 Equipo de la computadora de control Regional

La computadora de control central debe conformarse a las especificaciones mínimas siguientes:

- Procesador original de Intel Pentium III 800 Mhz
- 256 Mb SDRAM
- Disco Duro de 20 Gb
- Diskette de 1.44mb
- Tarjeta de video S3 3D 8Mb AGP
- 56 X CD-ROM
- Teclado y mouse PS/2
- Monitor de 21" SVGA
- Tarjeta de red 10/100 Mb/sec
- Fuente de Poder Ininterrumpible (UPS)
- Módem 56kbps
- Tarjeta de sonido de alta fidelidad

Estas características pueden variar de acuerdo a la ciudad y el número de intersecciones que se desee controlar.

3.1.4.7 Terminales de trabajo del operador

Las terminales de trabajo basadas PC compatibles pueden proponerse como terminales del sistema y proporcionan toda la interacción requerida por el operador para la entrada de datos, el comando del sistema y las preguntas y presentación de los gráficos. Las PC portables actuarán como terminales de campo para la entrada de datos y otras funciones para el personal de campo. Las características técnicas mínimas para una terminal de trabajo son:

- Procesador original de Intel Pentium IV 1Ghz
- 256 Mb SDRAM
- Disco Duro de 80 Gb
- 4 x USB ports
- 1 x COM port
- Tarjeta de video S3 3D 8Mb AGP
- 56 X CD-ROM
- Teclado y mouse PS/2
- Monitor de 21" SVGA
- Tarjeta de red 10/100 Mb/sec
- Fuente de Poder In-interrumpible (UPS)
- Módem 56kbps
- Tarjeta de sonido de alta fidelidad

3.1.4.8 Líneas de comunicación

Hay dos métodos principales de proporcionar las líneas de comunicación de datos requeridas en este uso de SCATS:

3.1.4.8.1 Comunicaciones por radio (OPCIÓN 1)

SCATS es un sistema adaptivo de CTU que ofrece comunicaciones por radio. Utiliza la tecnología comprobada de "Frequency Hopping Spread Spectrum" de marca WIMAN. Este protocolo permite que la señal de radio "salte" a través de la banda disponible que utiliza 80 canales de radio que se asignan en una manera pseudo-azar. Esto elimina casi todos los casos de interferencia excepto los mas extremos posibles. Este equipo se ha probado a fondo en varios sistemas de CTU SCATS.

Para confirmar que este sistema de radio es conveniente para las ciudades, personal capacitado necesitaría realizar un análisis completo del espectro de radio en el sitio propuesto. Preferentemente un edificio alto necesita ser utilizado como el punto central de la transmisión. El edificio debe tener línea visual a todas las intersecciones. Donde no es posible esto, puntos secundarios de transmisión pueden ser utilizados o (en algunos casos) se puede completar la instalación con circuitos telefónicos como se describen en la segunda opción.

3.1.4.8.2 Circuitos telefónicos de datos de punto a punto

En este panorama, algunos o todos los circuitos de datos son proporcionados por el arrendamiento de circuitos la compañía local de teléfono. Los costos de capital son relativamente mínimos pero se incurren costos de alquiler mensuales / anuales. El mantenimiento de los circuitos no es un problema ya que es la responsabilidad de la compañía de teléfonos. Las fallas son reparadas típicamente relativamente rápido porque muchos otros circuitos de los usuarios de teléfono también son afectados al mismo tiempo.

3.1.5 Funcionamiento de Scats

Las terminales de trabajo de operador soportan el uso de gráficos a color de alta resolución. En modo gráfico, las imágenes dinámicas de las intersecciones en forma gráfica se pueden mostrar independientemente o conjuntamente con los de datos normales de SCATS. Muchos niveles de representación gráfica a color se proporcionan. Se incluyen programas que permiten que el usuario diseñe las pantallas de una manera conveniente y simple. Ejemplos de las pantallas de gráficos se muestran a continuación.

3.1.5.2 Interfase de usuario tipo "Windows GUI"

Las pantallas con los datos operacionales de SCATS se pueden manipular fácilmente a la manera de apunte y arrastre:

3.1.5.3 Pantalla de información Regional

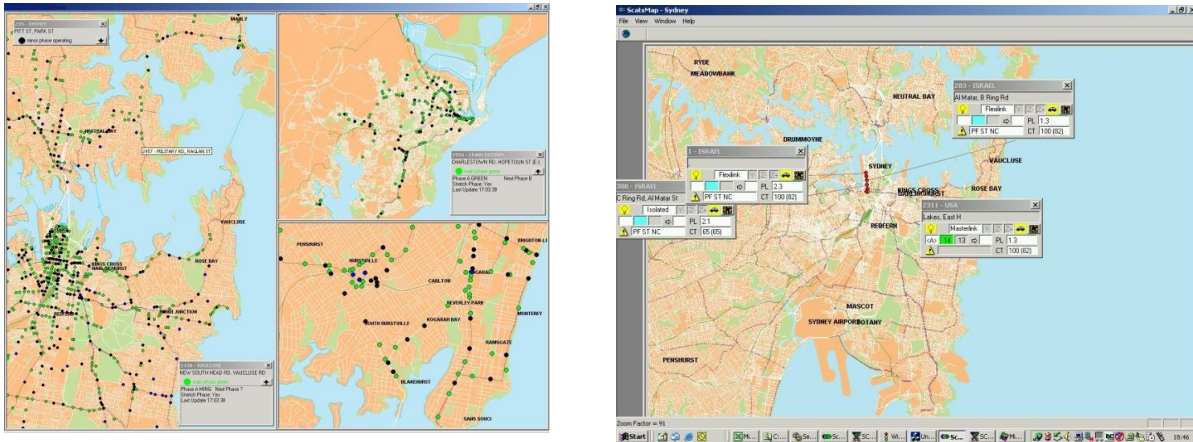


Figura 3.2: Interfaces con el usuario
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

Las pantallas de información regional son proporcionadas automáticamente por el sistema de gráficos para las zonas de control de la región. Estas pantallas muestran los caminos que unen a los nodos (subsistemas) y los diferentes colores muestran el nivel de la congestión en cada conexión. Los datos usados para generar las pantallas se toman en tiempo real de la base de datos del control adaptivo.

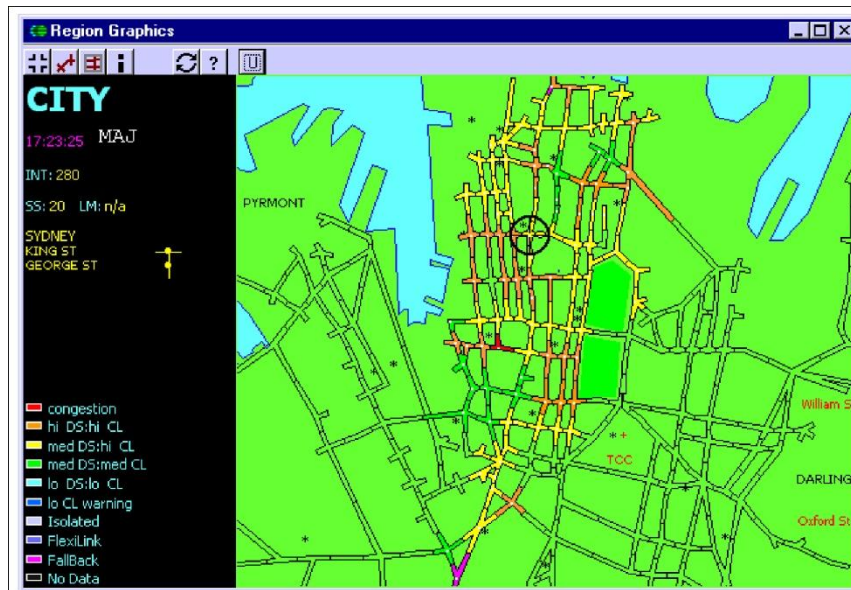


Figura 3.3: Pantalla de información regional
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.4 Pantalla de información de Subsistema

Bajo control adaptivo, la red se divide en subsistemas o grupos pequeños (de típicamente 1 a 6 intersecciones). Los parámetros del control adaptivo usados por las computadoras de control de tráfico muestran las variaciones ciclo por ciclo.

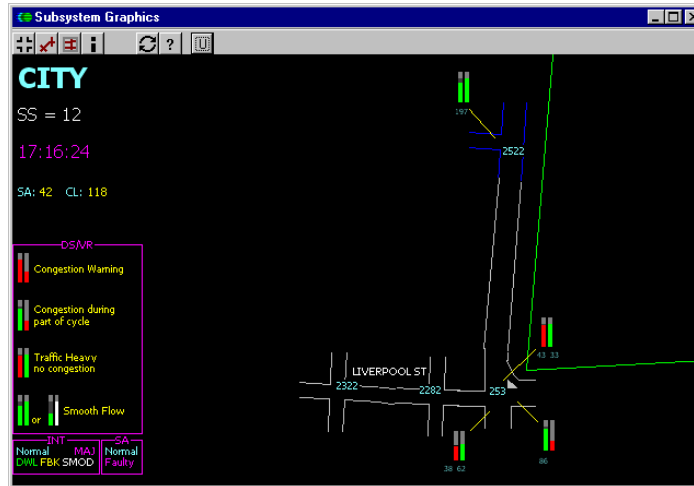


Figura 3.4: Pantalla de información de subsistema
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.5 Pantalla de información de Intersección

Este diagrama de la intersección muestra los datos, en tiempo real, incluyendo el estado de las etapas, las fases y los detectores.

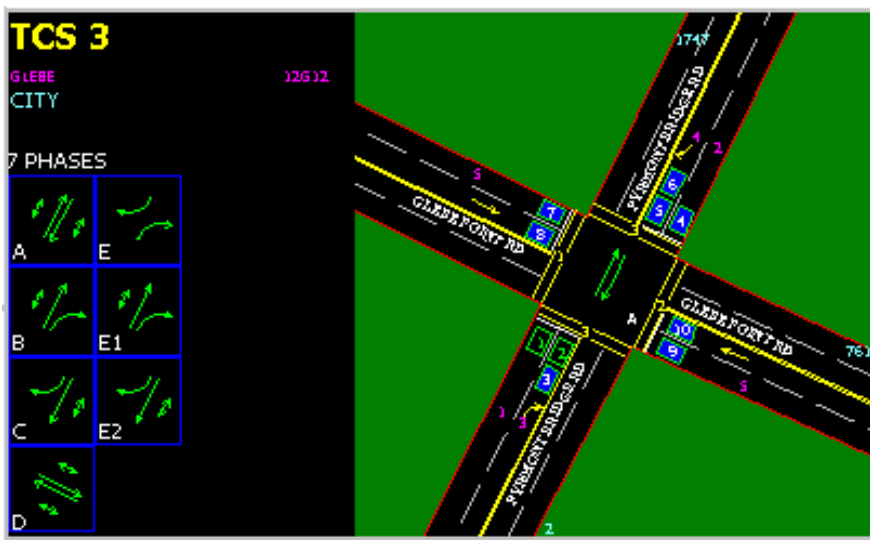


Figura 3.5: Pantalla de información de la intersección
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.6 Pantallas de Supervisión

Las pantallas siguientes muestran algunas de las facilidades disponibles para el operador. La pantalla del supervisor permite que se vean o cambian los datos operacionales. Hasta 10 pantallas del supervisor pueden estar abiertas al mismo tiempo.

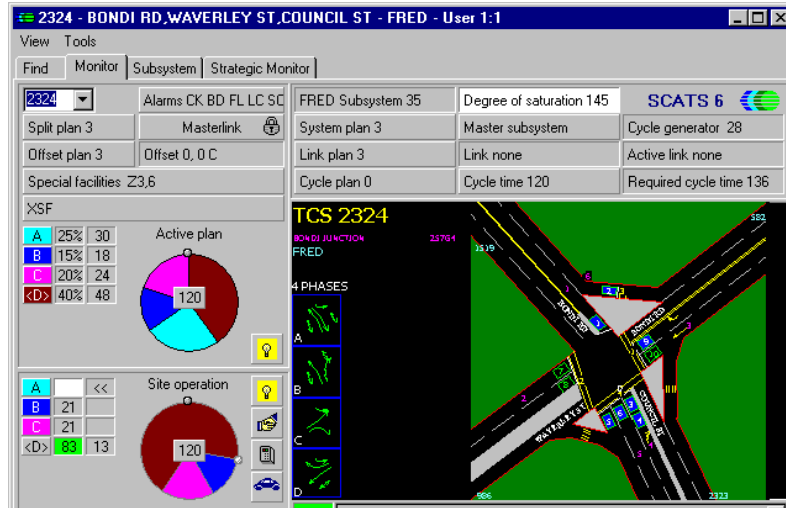


Figura 3.6: Pantalla de supervisión
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.7 Editor de los planes de control de señal

El editor de los planes de control de señal se utiliza para observar o para modificar los planes o para prohibir el acceso, remover la prohibición o ajustar el plan activo.

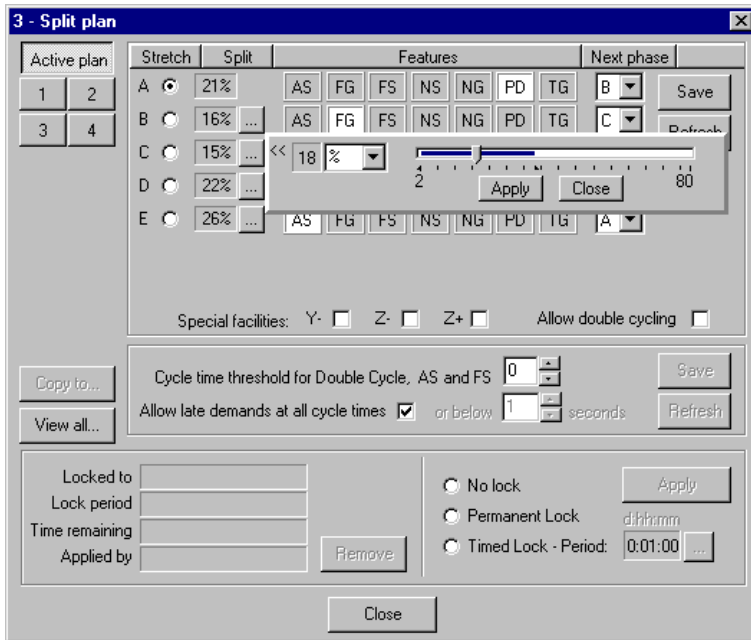


Figura 3.7: Editor de los planes de control de señal
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.8 Suspensión de la Fase (Intervención Manual)

Presione cualquier botón de la fase en la pantalla de la intersección para abrir el panel de control manual de suspensión.

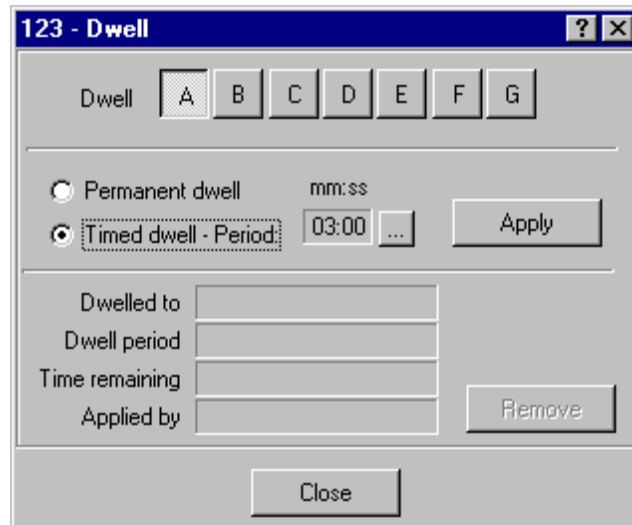


Figura 3.8: Suspensión de la Fase (Intervención Manual)
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

Esta acción fuerza al controlador a la fase nominada vía la trayectoria posible más corta, conforme a todos los requisitos de seguridad y permanece allí hasta que es liberado.

3.1.5.9 Pantalla del estado de la Lámpara

La pantalla del estado de la lámpara da el acceso a todas las condiciones referente a las lámparas.

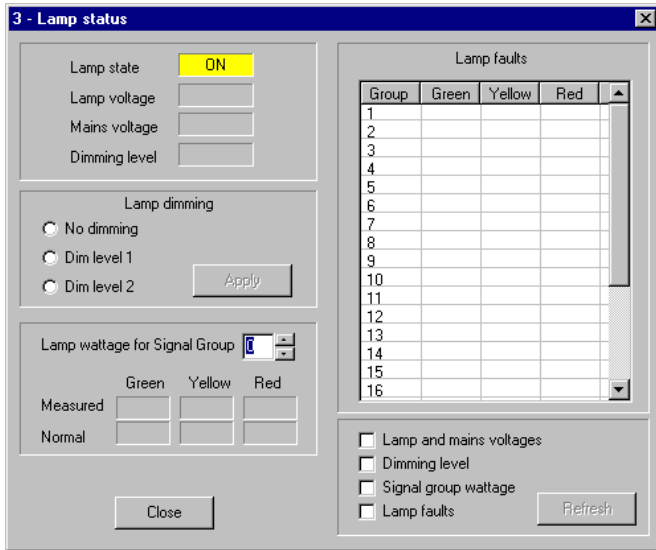
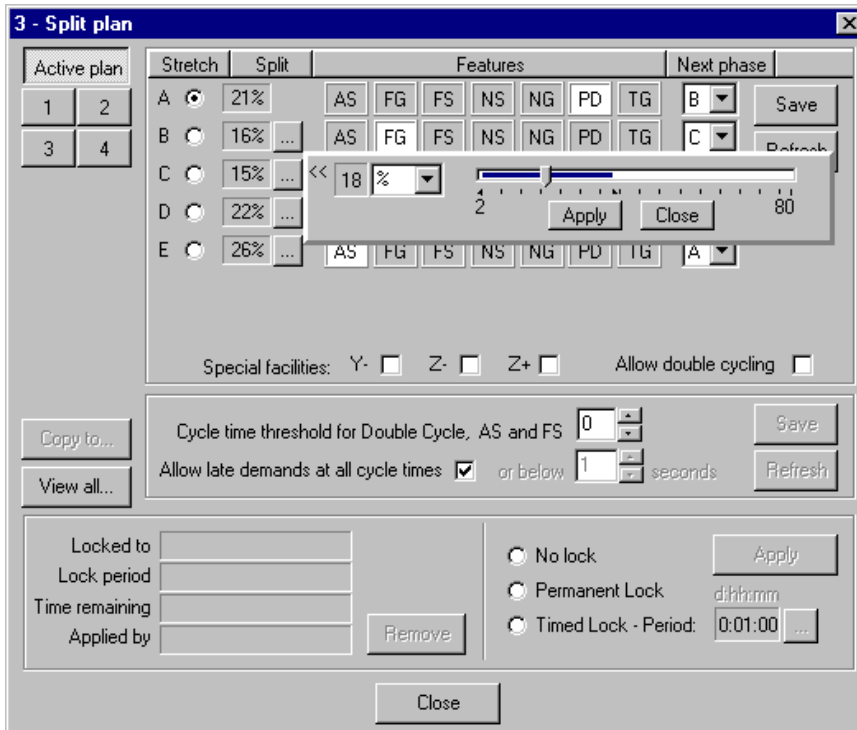


Figura 3.9: Pantalla del estado de la Lámpara
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.10 Información Del Controlador



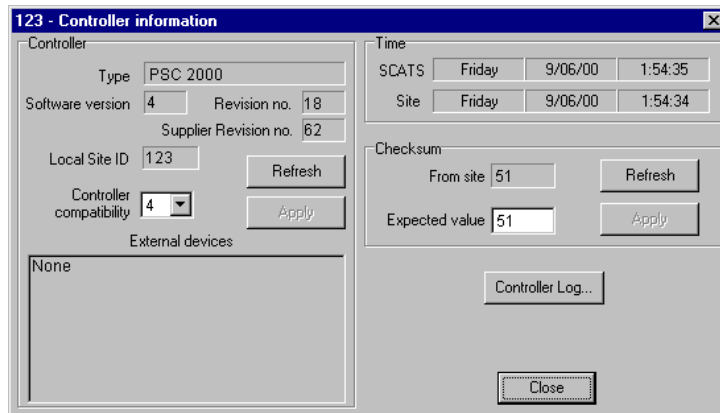


Figura 3.10: Información Del Controlador
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.11 Detectores

Presione para abrir la pantalla de los detectores.

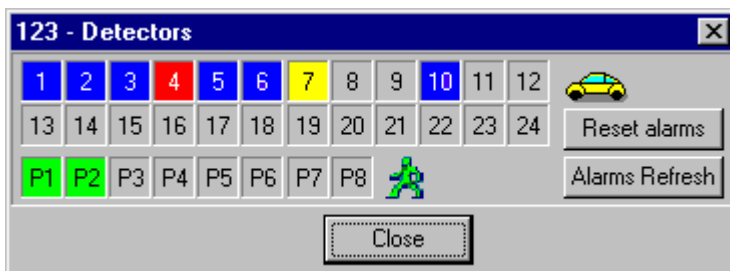


Figura 3.11: Estado de los Detectores
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

Los cuadros numerados representan los detectores de vehículos, coloreados de acuerdo al estado actual.

3.1.5.12 Subsistema

La lengüeta de subsistema da acceso a la pantalla de información del subsistema, permitiendo que la operación del subsistema sea supervisada.

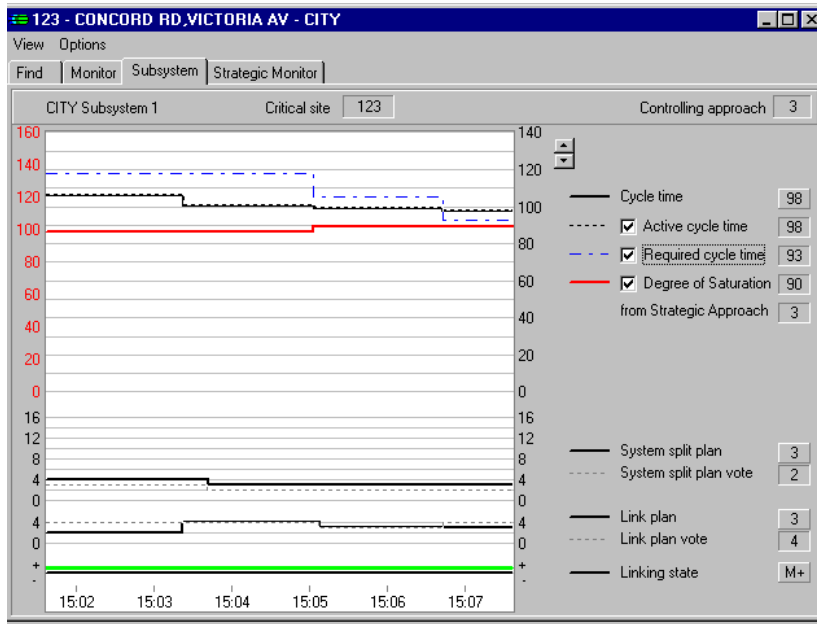


Figura 3.12: Subsistema
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.13 Cambiando la contraseña

Con tal que se sepa la vieja contraseña, una nueva contraseña puede ser asignada.



Figura 3.13: Cambio de contraseña
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.14 Alarmas

También se tiene la pantalla de monitoreo de Alarmas que muestra todas las alarmas y condiciones anormales.

Site ID	Alarm	Alarm Time	Count	State	Acknowledge Time	User ID	Region	Area	Remarks
681	CF	17-APR-2000 17:26:46	1	Unack			OXF	CIE	
681	SI	18-APR-2000 09:00:02	13	Ack	2-MAY-2000 15:45:44	9	OXF	CIE	
681	SF	19-APR-2000 16:23:54	1	Unack			OXF	CIE	
681	OD	19-APR-2000 16:24:24	1	Unack			OXF	CIE	
681	GT	27-APR-2000 11:37:36	1	Unack			OXF	CIE	
682	NC	28-APR-2000 14:03:40	1	New			OXF	CIE	
683	NC	7-APR-2000 13:35:06	1	Ack	17-APR-2000 17:25:44	2	OXF	CIE	
683	PF	7-APR-2000 13:35:06	1	Ack	17-APR-2000 17:25:44	2	OXF	CIE	
684	NC	18-APR-2000 12:46:46	19	Ack	2-MAY-2000 15:45:44	9	OXF	CIE	
684	PF	18-APR-2000 12:46:46	19	Ack	2-MAY-2000 15:45:44	9	OXF	CIE	
685	SI	18-APR-2000 00:00:00	2	Unack			OXF	CIE	
685	NC	18-APR-2000 08:35:12	21	New			OXF	CIE	
685	PF	18-APR-2000 08:35:12	21	New			OXF	CIE	
OXF	COM	18-APR-2000 08:33:54	35	New			OXF		

Figura 3.14: Alarmas
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.15 Ruta de derecho preferente

La ruta de derecho preferente es la introducción secuencial sincronizada de una ola verde a lo largo de una ruta especial.

Intersection	681	682	683	684	685	686	687	521	522	523
Preemption phase	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Start delay	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Preemption time	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Current phase	B	B	B	A	B	A	B	B	A	A
Green time	13	16	9	8	18	10	19	9	20	4
Preemption state										

Figura 3.15: Ruta de derecho preferente
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.16 Volúmenes

Se tiene el volumen estadístico de una intersección semaforizada.

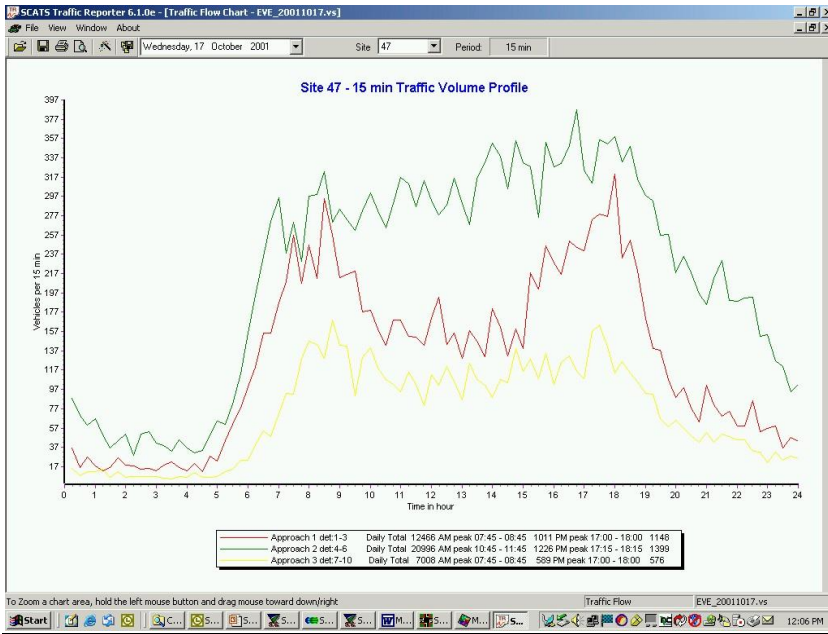


Figura 3.16: Volúmenes
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.17 Cambios de la duración del Ciclo

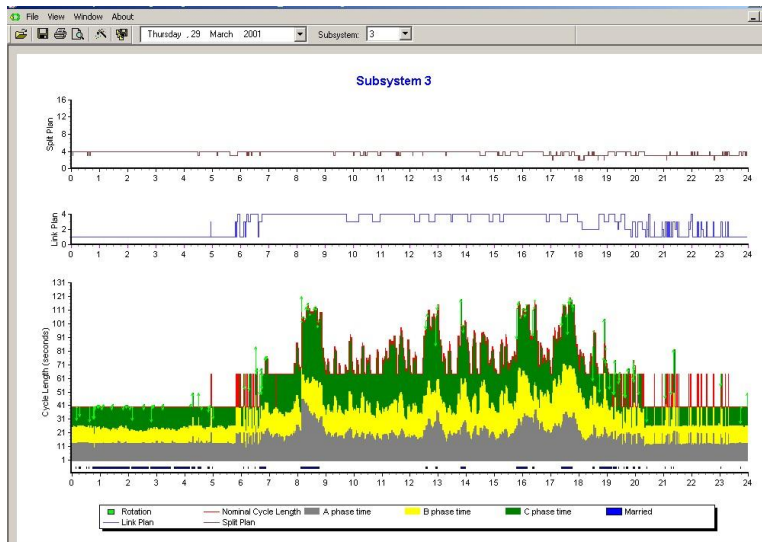


Figura 3.17: Cambios en la duración del ciclo
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

3.1.5.18 Capacidades típicas de SCATS - el CTU adaptivo (por cada computadora regional)

- Intersecciones Señaladas 250
- Etapas por intersección 7
- Subsistemas 250
- Detectores de ocupación 4000
- Detectores tácticos y de volumen 4072
- Rango de duración del ciclo entre 20 y 190 segundos
- Rango de división de las etapas adaptivas entre 5% y 95%
- Rango de desfase secuencial adaptivo entre -127 y +127 segundos
- Existencia de flags especiales (por cada intersección) 22
- Entradas en el calendario de rutinas 250
- Planes de segundo recurso 11
- Horarios de segundo recurso 20
- Derecho preferente a vehículos de VIP y de emergencia
- Registro de faltas
- Manejo de eventos

OPCIONES

- Programas de base de datos y de soporte
- Sistema automático de cálculo de tiempo de recorrido de la red (VIS)
- Software para la creación de la configuración (personalidad) del controlador
- Señales de mensajes cambiantes
- Notificación de congestión o incidente.

3.1.5.19 Supervisión Remota

Todas las funciones de SCATS están disponibles en cualquier terminal de trabajo (sujeto a las claves de seguridad y a la protección de contraseña). Esto incluye los terminales de trabajo conectados al sistema remotamente por medio de una red o a través de un módem que es una ventaja particular para los técnicos en llamadas fuera de horas de trabajo.

3.1.6 Funcionalidades de SCATS

3.1.6.1 SCATS proporciona control

En modo completamente adaptivo de SCATS selecciona independientemente la duración óptima del ciclo, la división de las etapas y los ajustes secuenciales. Sin embargo, esto no significa que el ingeniero de tráfico no está en control de su ciudad. Cada selección de duración, división de las etapas y los ajustes secuenciales del ciclo puede ser modificado por el operador. El grado de "adaptación automática" es controlado por el ingeniero.

SCATS es una "caja de herramientas" que provee al ingeniero de tráfico las herramientas y las maneras de controlar y modificar los parámetros y patrones de tráfico para poder alcanzar metas definidas por la gerencia de tráfico.

El valor numérico de casi todos los parámetros de SCATS puede ser cambiado fácilmente, sin embargo, para acelerar tiempo de instalación muchos parámetros tienen "valores de fábrica" que se han fijado como resultado de experiencia de muchos años con SCATS.

Esto incluye todos los datos de tiempos del controlador (Verdes mínimos, separaciones peatonales etc.). Los cambios a estos datos se pueden también programar en función del horario.

3.1.6.2 SCATS proporciona estrategias flexibles para manejo del tráfico.

En algunos casos puede ser que sea deseable utilizar la selección de la duración del ciclo basándose en el horario junto con la selección adaptiva de la división de las etapas y de la selección por volumen de los ajustes secuenciales. En otra área de la ciudad puede ser apropiado utilizar el control adaptivo completo de los tres parámetros excepto durante las horas pico de la mañana en que la selección de la duración del ciclo sea por horario. Cualquier combinación de funciones adaptivas y por horario puede ser seleccionada. El cambio entre la operación adaptiva y por horario se puede incluso realizar en base a la información en tiempo real o por el horario en sí mismo. Cada una de estas opciones es hecha por cada subsistema (un subsistema contiene, de 3 a 4 intersecciones de promedio). Así un usuario de SCATS no tiene que usar el sistema de solamente un modo en toda la ciudad.

Las condiciones de tráfico también varían de ciudad en ciudad y también entre los varios lugares dentro de una ciudad. La flexibilidad de SCATS hace frente a una gran gama de características de tráfico incluyendo altos porcentajes de camiones, de bicicletas y de otros tipos del vehículo.

3.1.6.3 SCATS toma la decisión basándose en datos reales.

SCATS toma sus decisiones basándose en lo que realmente está sucediendo en la red de caminos, en los datos recibidos de los detectores y de los controladores instalados. No en lo que un "modelo" pudo predecir que ocurriría.

Al medir el flujo de vehículos pasando la línea de alto de intersecciones importantes o "críticas", SCATS sabe exactamente el uso actual del carril y los flujos que dan vuelta a la derecha o a la izquierda (asumiendo que hay carriles exclusivos de vuelta). SCATS no tiene que "adivinar" la proporción y la densidad de movimientos que dan vuelta. En muchas intersecciones, particularmente en las intersecciones con múltiples fases, los movimientos que dan vuelta son críticos a la operación total de la intersección. Si el tiempo de verde es insuficiente para un movimiento que da vuelta, las colas se acumulan rápidamente y a menos que haya un carril exclusivo de vuelta muy largo, el tráfico que da vuelta impide el movimiento de tráfico que sigue derecho, que incluso un tiempo de verde derecho muy largo no disipará.

Incluso en condiciones normales, con los vehículos que fallan, las obras de mantenimiento de los caminos o bajo condiciones atmosféricas extremas (ejemplo: inundaciones, etc.) algunos carriles son afectados y solo pueden usarse parcialmente o no del todo. Porque la circulación y la densidad son medidas por SCATS carril-por-carril en o cerca de la línea de alto, este observará que los otros carriles de acercamiento están más ocupados como resultado del carril afectado y aumentará los porcentajes de verde y/o la duración del ciclo para compensar.

En caso que todos los datos del flujo de un acercamiento se pierdan (ejemplo: todos los detectores fallan), SCATS puede como respaldo simplemente convertir la intersección (y otras intersecciones próximas, si se desea) a una operación basada en tiempo fijo.

3.1.6.4. SCATS asegura prácticas de control de tráfico seguras.

Un grado muy alto de autonomía se da a los controladores locales inteligentes. Los controladores locales toman todas las decisiones relativas a la seguridad. Sin embargo, cuando es seguro, la computadora puede ordenar al controlador local que:

- omite etapas cuando no hay demandas presentes
- omite etapas incluso si hay demandas presentes
- omite etapas cuando la duración del ciclo sea menor que un valor preestablecido
- adopte una secuencia alterna de etapas o repita una etapa dentro de un ciclo
- exija etapas que no tienen una demanda local
- exija etapas cuando la duración del ciclo sea mayor que un valor preestablecido
- termine una etapa antes del tiempo asignado como resultado del controlador local indicando una ausencia de tráfico
- permita que la etapa actual utilice el tiempo asignado a la etapa siguiente si esa etapa tiene una demanda local
- permita que la etapa actual utilice el tiempo que no fue utilizado completamente por una etapa anterior

Todas estas características están disponibles a la discreción del operador de SCATS. Con el uso juicioso de estas facilidades (y de otras) SCATS se puede adaptar a cualquier ambiente. Puede hacer frente fácilmente a acontecimientos inusuales o al azar tales como eventos deportivos, picos de tráfico inesperados, llegadas de los vehículos que pueden necesitar prioridad, cruces de tren a nivel, puentes que se abren, etc., y todavía funcionar dentro del sistema de coordinación de área.

3.1.6.5 SCATS transforma datos en información útil.

La presentación de la mayoría de los datos de SCATS es en las unidades

fácilmente entendidas por el ingeniero de tráfico por ejemplo en vehículos/hora, vehículos por etapa, UVP (unidades de vehículo particular), grado de saturación en %. (los cálculos del grado de saturación dan una medida de las condiciones sobresaturadas cuando el grado de saturación puede exceder del 100%.)

Todas las decisiones críticas de SCATS se muestran y están abiertas a la interrogación por el operador. Muy poco se oculta del usuario. Por ejemplo, el operador puede comprobar fácilmente qué carril en qué intersección es actualmente "el carril crítico" o más ocupado del subsistema. Los operadores experimentados pueden incluso observar los procedimientos de toma de decisión que ocurren en la memoria del sistema como resultado de la operación de los varios algoritmos del Tyco-SCATS.

3.1.6.6 Mantenimiento de SCATS.

En cualquier sistema, la operación y el mantenimiento son críticos para la que la eficiencia sea mantenida. Aparte de las ventajas obvias de la coordinación y del control adaptivo de la duración del ciclo y la división de las etapas, hay muchas facilidades operacionales y de mantenimiento que SCATS proporciona. Éstas incluyen la notificación y reporte de:

- Falla de los detectores (vehículo y botón peatonal)
- Falla de la lámpara
- Monitor de conflictos del controlador
- Registro de errores de fallas del controlador
- Intermittencia y apagón
- Fallas o errores de comunicaciones
- Alarma de error en los datos del operador
- Alarma de falla del VMS (Señal de mensaje variable)
- Operación manual por la policía

3.1.6.7 Prioridad Del Autobús

La prioridad del autobús es una característica de un número de sistemas de SCATS (notablemente en Sydney, Melbourne y otras ciudades australianas, Christchurch NZ, y Singapur) y Tyco tiene una gama de radiotransmisores para vehículos disponible para activar la prioridad en los acercamientos especificados de las intersecciones requeridas.

3.2 Sistemas de control de tráfico Scoot

La información detallada a continuación es dada por el proveedor del Sistema de Scoot, y que fue resumida en la presente tesis.

Los Sistemas SCOOT están basados en un procesador central que aloja el núcleo SCOOT integrado que controla las comunicaciones en el equipo en la calle y proporciona la interfaz de usuario. Este procesador y terminales asociadas de red son instalados en la sala de control, los cuales tendrán comunicación remota en los equipos de calle



Figura 3.18: Sistema de control Scoot
Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION

Mediante terminales ambulantes. Estos se utilizan normalmente para la validación inicial del sistema, ajuste y mantenimiento.

SCOOT depende de buenos datos de tráfico para la operación con éxito y los detectores son una parte esencial del sistema. Bucles inductivos son más comunes, aunque otros tipos de detector puede ser utilizado (cámaras de video detección). Para obtener los mejores resultados, los detectores son necesarios en cada enlace. Instalación de bucles inductivos, y el mantenimiento de ellos posteriormente, es un elemento importante en el costo de SCOOT, Detectores aéreos se han utilizado con éxito en algunas situaciones.

Una red SCOOT se divide en "regiones" al igual que Scats, cada uno con una serie de "nodos" (señalado cruces y pasos de peatones) que toda la carrera en el mismo tiempo de ciclo para permitir la coordinación. Los nodos pueden ser "doble ciclo" (es decir, funcionan a la mitad del tiempo de ciclo regionales) en los pasos de peatones o cruces infrasaturados. Límites de la región se encuentran a través de enlaces, donde la coordinación es por lo menos vínculos críticos, por ejemplo, largas. Los datos sobre las regiones, nodos, enlaces y etapas, detectores deberán ser almacenados en la base de datos SCOOT.

Cuando todo el equipo ha sido instalado y la entrada de la red de datos en la base de datos, el sistema tendrá que ser validado. Validación de SCOOT es el proceso de calibración del modelo de tráfico SCOOT de manera que refleje lo más exactamente posible los hechos reales en la red de calles. Esto es crítico, para garantizar la eficacia del sistema. Las partes del sistema que han sido validados se puede operar bajo el control de

SCOOT mientras más nodos están siendo validados. Una vez que el sistema ha sido validado, los parámetros de gestión del tráfico se puede configurar para controlar el tráfico en línea con la estrategia de la autoridad.

3.2.1 Funcionamiento de Scoot

El software del kernel en el corazón de un sistema de SCOOT es estándar para todas las instalaciones. El software adicional (el "tejido" o software UTC) que une el núcleo de SCOOT en la calle equipo y que proporciona la interfaz de usuario se especifica para el proveedor.

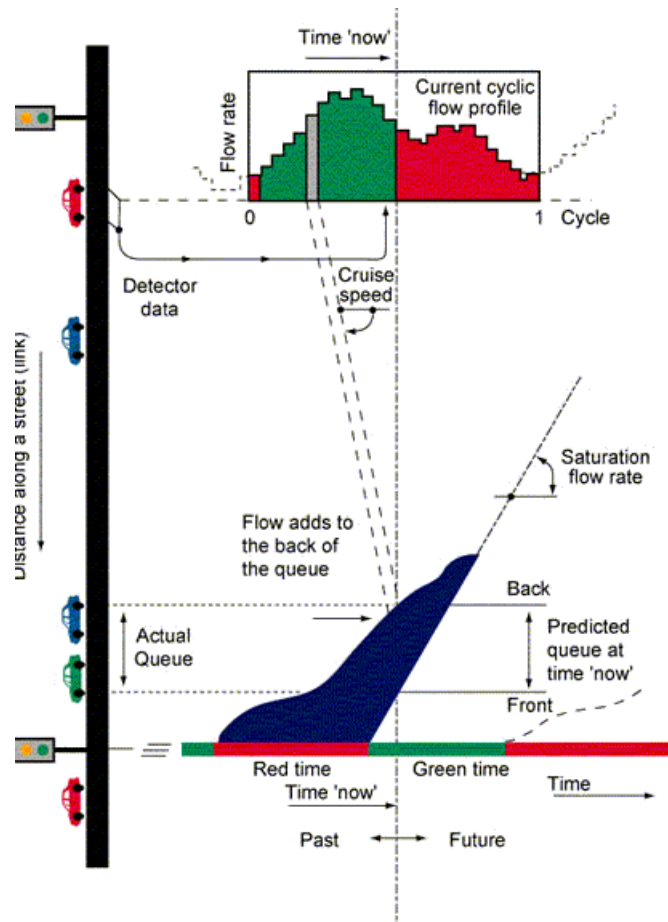


Figura 3.19: Funcionamiento de Scoot
Fuente: SIEMENS

El funcionamiento del modelo SCOOT se resume en el diagrama anterior. SCOOT obtiene información sobre los flujos de tráfico procedentes de los detectores. Como un sistema adaptativo, SCOOT depende de los datos de tráfico buenas para que pueda responder a cambios en el flujo. Los detectores se requieren normalmente en cada enlace. Su ubicación es importante y que generalmente se coloca en el extremo aguas arriba del enlace enfoque. Bucles inductivos son utilizados normalmente, pero otros métodos están también disponibles.

Cuando los vehículos pasan el detector, SCOOT recibe la información y convierte los datos en sus unidades internas y las utiliza para la construcción de "perfiles de flujo cíclico" para cada enlace. El perfil de la muestra se muestra en el diagrama es un código de color verde y rojo de acuerdo con el estado de las señales de tráfico cuando los vehículos llegan a la Stopline a velocidad normal de cruce. Los vehículos están modelados por el enlace a la velocidad de cruce y unirse a la parte de atrás de la cola (si existe). Durante el recorrido, los vehículos de alta de la Stopline a la tasa de flujo de saturación de la liquidación.

Los datos del modelo se utiliza por SCOOT en tres optimizadores cuales se adaptan continuamente tres parámetros clave de control de tráfico - la cantidad de verde de cada enfoque (split), el tiempo entre señales adyacentes (Offset) y el tiempo permitido para todas las aproximaciones a una intersección señalada (tiempo de ciclo). Estos tres optimizadores se utilizan para adaptar de forma continua estos parámetros en todas las intersecciones en el área controlada SCOOT, minimizando la pérdida de tiempo verde en las intersecciones y la reducción de las paradas y los retrasos mediante la sincronización de los conjuntos adyacentes de las señales. Esto significa que la señal de los tiempos evolucionan a medida que cambia la situación del tráfico sin ningún tipo de alteración perjudicial causada por el cambio de planes a plazo fijo de más tradicionales de los sistemas urbanos de control de tráfico.

3.2.2 Desarrollo de Scoot

En las zonas urbanas, donde las señales de tráfico están muy juntos, la coordinación de las señales adyacentes es importante y le da grandes beneficios a los usuarios de la carretera. La coordinación de señales a través de una red de rutas en conflicto es mucho más difícil que la coordinación a lo largo de una ruta.

Los primeros trabajos desarrollados fuera de la línea de software para calcular la configuración óptima de la señal para una señal de red. TRANSYT, desarrollado por el TRL, es probablemente el ejemplo más conocido. TRANSYT puede ser usado para recopilar una serie de planes fijos de tiempo de señal para diferentes momentos del día o por especiales condiciones del tráfico que se repiten.

Preparación de planes de este tipo de señales requiere los datos de tráfico que se recogieron y analizaron para cada situación y momento del día para el cual se requiere un

plan. Esto es largo y costoso, y a menos que los planes se actualizan regularmente, como cambiar los patrones de tráfico se vuelven menos y menos eficiente. Para superar estos problemas, el concepto de un sistema de respuesta a la demanda UTC fue desarrollado. Los esfuerzos iniciales no tuvieron éxito, debido principalmente a la continua dependencia de los planes, ya sea preparado de antemano o de forma dinámica desarrollada.

TRL desarrollado una metodología para superar estos problemas. Un tráfico en el equipo de línea de un seguimiento continuo fluye sobre toda la red, alimentados los flujos en un modelo en línea, similar a la utilizada en TRANSYT, y se utiliza la salida del modelo como entrada a sus optimizadores señal de temporización. Estos optimizadores hizo una serie de pequeños ajustes frecuentes para indicar los tiempos para reducir al mínimo las demoras de los vehículos modelados en toda la red. Esta fue la base de SCOOT, que ha sido desarrollado continuamente para satisfacer las necesidades de los gestores de tráfico de hoy en día.

Las nuevas características se han añadido como SCOOT se ha desarrollado. Características de gestión del tráfico se han añadido y perfeccionado en cada versión. Las principales mejoras incluyen:

[La versión 3.1](#) incluye prioridad para el autobús, las instalaciones de la base de datos y detección de incidentes.

[La versión 4.2](#) añade las estimaciones de las emisiones de contaminantes.

[La versión 4.5](#) permitió a la prioridad para el autobús para diferenciar entre los diferentes buses, por ejemplo, para dar más prioridad a los autobuses tarde, mejorado la técnica de "puerta" del tráfico en zonas sensibles y siempre ayuda adicional para los ingenieros de la creación de un sistema.

[SCOOT MC3](#) ha permitido que el software del kernel para utilizar con seguridad los datos facilitados por conmutación de paquetes de sistemas de comunicaciones, a condición de un supervisor de la congestión y el aumento de la prioridad a disposición de los autobuses al permitir saltarse la etapa donde es apropiado.

[SCOOT MC3 Service Pack 1 de](#) las estrategias introducidas que dieron prioridad a controlar a los peatones en los pasos de peatones independiente a fin de reducir sus tiempos de espera.

[SCOOT MMX](#) proporcionan facilidades adicionales para dar prioridad a los peatones en los cruces, una importante actualización y mejora de las estimaciones de emisiones, así como características para mejorar el funcionamiento durante los períodos de bajo flujo.

[SCOOT MMX Service Pack 1](#) proporciona un viaje instalaciones Fiabilidad Tiempo (JTR) para ayudar a los ingenieros para controlar el enlace SCOOT nivel de saturación con mayor eficacia y ayudar así en la mejora de la fiabilidad de Time Journey en las principales rutas.

Como interfaces importantes de destacar del software Scoot se tienen las siguientes:

En la versión de 3.1 de SCOOT que se introdujo en 1995, se introdujo la interfaz de **Prioridad para el autobús**, la cual es una integración activa de prioridad a los autobuses u otros vehículos de transporte público (tranvía). El sistema está diseñado para permitir que los buses para ser detectada por los detectores de vehículos selectivos o por una localización automática del vehículo (AVL).

En la versión de SCOOT 4.2 . puede estimar **Emisiones Vehiculares** de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), partículas y compuestos orgánicos volátiles (COV) emitidos por los vehículos en un nodo de enlace o base de región, pues como punto importante de destacar se entiende que una adecuada gestión de tráfico viene acompañada de una disminución o mitigación de emisiones vehiculares.

SCOOT MC3 (manejo de la congestión, Comunicaciones y Control) mejora la forma en SCOOT opera en cuatro áreas clave: comunicaciones, control de la congestión, la prioridad para el autobús y las instalaciones peatonales frailecillos. Además de las instalaciones disponibles en las versiones anteriores, SCOOT MC3 tiene las siguientes novedades:

Sellado de tiempo de los datos

Los sistemas de comunicación están continuamente desarrollando y analógicos de líneas dedicadas, que en la actualidad la mayoría de sistemas SCOOT dependen, es probable que cada vez más caro y en última instancia, no es compatible en absoluto. Una novedad importante ha permitido SCOOT para hacer un uso flexible de los nuevos sistemas de comunicación y eliminar la dependencia de segundo a segundo la comunicación. Esto aumenta la gama de opciones de comunicación disponibles y, en particular, permite el uso de algunos de los nuevos sistemas de comunicaciones de datos ADSL, por ejemplo, GPRS, etc G3, que son la base de paquetes. SCOOT se ha modificado para utilizar los datos con fecha y hora para permitir que las inconsistencias y retrasos en la entrega de paquetes de datos. Para acompañar el sellado de tiempo de desarrollo, la resolución a la que SCOOT almacena algunos de los datos de flujo se ha reducido de 4 segundos a 1 segundo. El efecto de este cambio es para contrarrestar la posible reducción de la oportunidad que la pérdida de segundo a segundo la comunicación presentará. Se predice que el tiempo que los retrasos son del orden de unos pocos segundos, el abandono de segunda garantizada por segundo comunicación tendrá un efecto despreciable operativa.

Congestión supervisor de



Figura 3.20: Aplicación de Scoot
Fuente: SIEMENS

Desde el principio, los optimizadores de SCOOT han tomado medidas para ayudar a controlar la congestión. Con los años una serie de instalaciones adicionales se han previsto. Estas funciones de gestión de la congestión se han mejorado en SCOOT MC3 por la adición de un supervisor de la congestión. El supervisor se ejecuta continuamente en segundo plano la búsqueda y el análisis de los problemas de congestión. Se informará de sus resultados y ayudar al ingeniero para hacer un uso óptimo de todas las instalaciones que están disponibles en SCOOT para gestionar la congestión.

El supervisor de la congestión se ha desarrollado en base a la información ya disponible en el sistema de SCOOT. El objetivo del supervisor es para

monitorear continuamente la congestión en toda la red SCOOT controlado, para identificar los vínculos que causan serios problemas y para diagnosticar la causa probable de la congestión que emana de esos vínculos. El problema de la congestión y la acción recomendada para tomar a continuación, se informará a los usuarios ya sea directamente desde SCOOT o a través de un sistema de control. En general, el objetivo del supervisor de congestión es apuntar a la congestión regularmente recurrente en lugar de la congestión causada por incidentes.

Identificar los nodos que son la causa del problema de la congestión

Calcular las compensaciones de la congestión en el "corto" enlaces

Identificar los posibles cambios en factor de congestión de importancia

Diagnosticar problemas cuando hay fallos en los enlaces

Informe / diagnosticar problemas en el grado de saturación es baja

Diagnosticar y notificar en un cruce está sobrecargado

Etapas saltar de prioridad para el autobús

Mayor prioridad para el autobús en la forma de saltarse la etapa se incluye ahora en SCOOT MC3. Si un autobús llega en un momento en el ciclo de la señal que tendría que

esperar a un camino lateral para ser reparado, la prioridad bus existente reduciría la longitud de ese camino lateral. En el estadio saltando la calle lateral puede ser completamente omitido durante este ciclo, reduciendo las demoras en el bus de espera en las señales. Una guía completa se incluye en el sistema cuando salta la etapa es apropiado y cuando puede no ser recomendable - por ejemplo, saltarse las etapas de peatones, no se recomienda y el sistema ofrece una completa flexibilidad para configurar la solución más adecuada para cada situación.

Extensas pruebas en Londres durante el programa de desarrollo mostró típicas prestaciones medias de 4 segundos por autobús a través de cada unión con el estadio saltando. Al igual que con todas las funciones prioritarias SCOOT de autobuses, el estadio saltando tiene requisitos de entrada flexibles. El enfoque de un bus puede ser indicada por los transpondedores en el vehículo activando detectores especiales, o la ubicación puede ser proporcionada por un sistema de gestión de bus utilizando cualquier sistema de localización de vehículos automático.

Puffin instalaciones peatonales (Modelado de variable intergreen)

Puffin (Pedestrian User Friendly Inteligente) cruces están destinados a convertirse en el estándar del Reino Unido para las instalaciones de señales peatonales controlados en stand-alone cruces y cruces. A diferencia de los pelícanos, no hay un período intermitente de color naranja, en lugar de la longitud de los números rojos a los vehículos es variable dependiendo del tiempo que llevará a los peatones cruzar la calle. En SCOOT MC3 el kernel ha sido modificado para modelar la variable periodo intergreen que sigue a la invitación de peatones para cruzar la etapa en lugar de asumir que tiene una duración de una longitud fija. SCOOT MC3 modela con precisión el comportamiento en la calle de frailecillos y las instalaciones Puffin peatonales y por lo tanto permite un mayor control y la reducción en la demora de los vehículos.

3.2.3 Diferencias entre Scoot y Sctas

TEMA	SISTEMA SCATS	SISTEMA SCOOT
Principio de funcionamiento	SCATS se basa en la selección con algún plan de adaptación local.	Con SCOOT, toda la red se basa, y por lo tanto, no requiere de planes fijos. SCOOT utiliza los datos actuales de detección para modelar el perfil de flujo cíclico, similar a TRANSYT. Los perfiles de consumo cíclicos se crean en línea y se actualiza cada cuatro segundos.
Sistema de diseño	El sistema está configurado como una serie de equipos regionales, que controlan los	Un sistema SCOOT consta de muchas regiones, todas controladas en un ordenador

	<p>sub-sistemas. Cada sub-sistema es una colección de cruces, de los cuales, uno está diseñado para ser la unión crítica. El tiempo de ciclo y se divide se calculan para este nodo crítico y luego los planes son seleccionados para las uniones de otro modo, sobre la base de estos cálculos.</p>	<p>central, con cada región que contiene un número de uniones.</p>
El tiempo de ciclo	Cada ciclo.	Cada 2,5 o 5 minutos.
División optima	Cada ciclo.	Cada etapa.
Desplazamiento optimizado	No optimizado – el offset se selecciona de los planes calculados fuera de línea.	Cada ciclo.
Optimización de rendimiento	Sctas calcula un verde basado en el flujo en el ciclo anterior y así, pueden no responder a los flujos de llegada impredecibles. En versiones mejoradas esta se ha corregido	Uso de los bucles SCOOT normales, la optimización se basa en la cola real en la señal y por lo tanto más sensible a las corrientes de llegada impredecibles.
Detección	Los vehículos son detectados por dos tipos de detectores: uno cerca de la Stopline para medir el flujo y la ocupación y (a veces) río arriba, para medir la cola.	SCOOT sólo necesita un detector por cada enlace, en un lugar aguas arriba, para detectar el flujo, la ocupación y la cola. Esto permite SCOOT para controlar la congestión de la red.
Tráfico de datos disponibles	Una gran cantidad de datos está disponible, incluyendo los flujos, grados de saturación.	Una gran cantidad de datos está disponible, incluyendo los flujos, los retrasos y de ocupación.
Configuración del sistema	Sctas necesita el nodo crítico en cada subsistema identificado junto con los planes para usar en estos nodos. Estos planes deben ser revisados periódicamente para un funcionamiento satisfactorio. Típicamente subsistemas contienen de 1 a 5 intersecciones.	SCOOT necesita información del modelo, tales como el tiempo de travesía de un detector de Stopline. Estos parámetros, una vez introducido, no necesita ser actualizada.

<p>Los resultados del ensayo</p>	<p>Sctas se ha instalado en muchos lugares, pero se ha sugerido que el éxito del sistema depende de la habilidad de los ingenieros de tráfico que se instalan en el sistema.</p>	<p>Muchos estudios independientes, entre ellos cinco ciudades en el Reino Unido. Muchas otras autoridades también han realizado sus propios estudios.</p>
<p>Beneficios</p>	<p>Una encuesta llevada a cabo por la Junta de Investigación de Australia mostró una reducción significativa en los tiempos de viaje en comparación con el uso de TRANSYT. Hubo una gran reducción en el número de paradas (alrededor de 9% en la zona central y 25% en las carreteras arteriales).</p>	<p>SCOOT se ha instalado en muchas ciudades. La eficacia de SCOOT ha sido evaluado de diferentes maneras, tanto por TRRL (ahora TRL) y por otras autoridades, poniendo a prueba su propio sistema. Cinco ciudades participaron en la evaluación de SCOOT. Estos resultados muestran en general una reducción en la demora de aproximadamente 12% en comparación con buenos planes de tiempo fijos. El beneficio aumenta a medida que el tiempo fija los planes de quedar fuera de la fecha.</p>

TABLA 3.1
 Fuente: TYCO TRAFFIC Y TRANSPORTATION
 Y SIEMENS
 Elaboración: PROPIA

3.3 Aplicación al caso de las ciudades de Cuenca y Guayaquil

3.3.1 Aplicación al caso de la ciudad de Cuenca

El sistema aplicado en la ciudad de Cuenca es el Sctas el cual contempla 126 intersecciones adaptativas

El **SISTEMA COMPUTARIZADO SEMAFÓRICO**, determina en tiempo real los volúmenes de tráfico mediante cámaras de video detección y a partir de estos se calcula el ciclo de tiempo adecuado en las intersecciones, permitiendo una coordinación (sincronismo) en los corredores principales de la ciudad, logrando así una regulación en las intersecciones. Se ha instalado:



Figura 3.21
Fuente: PROPIA

- _ 419 semáforos vehiculares
- _ 442 semáforos peatonales
- _ 50 cámaras de CCTV
- _ 242 cámaras de video detección.



Figura 3.22
Fuente: PROPIA

Como se indica en el siguiente plano el proyecto total contempla la instalación de 250 intersecciones centralizadas como se indica en el siguiente plano:

PLANO DE UBICACION DE INTERSECCIONES PROYECTO COMPLETO

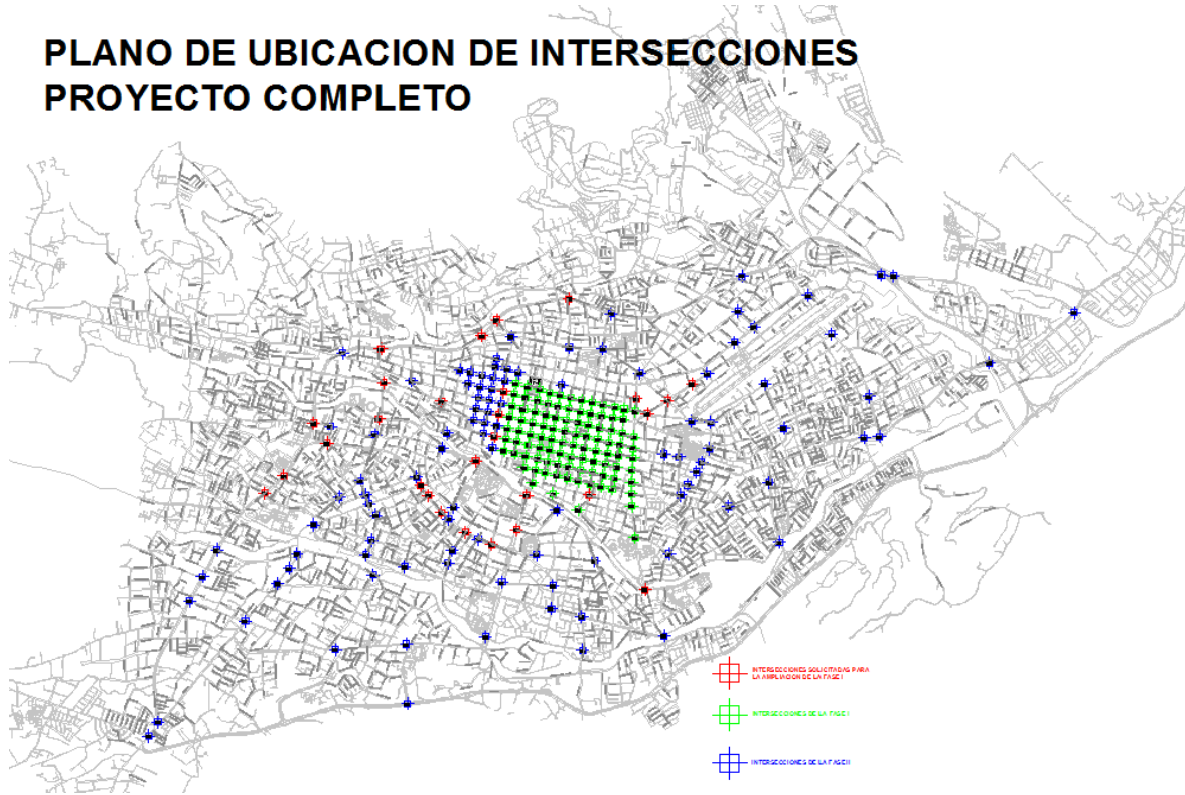


Figura 3.23: Plano de ubicación de intersecciones
Fuente: PROPIA

El sistema de comunicación fue realizado a través de fibra óptica monomodo mediante el sistema EPON cuyo splitter principal se encuentra en la central de semaforización. La estructura de comunicación ha sido



Figura 3.24
Fuente: PROPIA

realizado de tal manera que permitan realizar la expansión del Sistema cuando se lo requiera, mediante las centrales de zona que nos permitirán acortar las distancias hacia la central de semaforización.

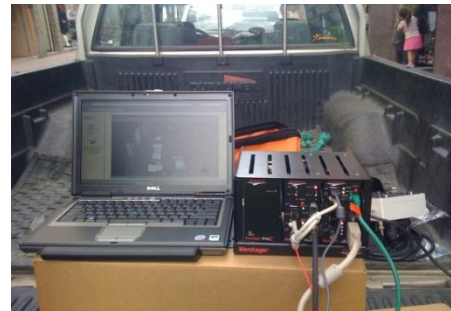


Figura 3.25
Fuente: PROPIA

Mediante la Central de Semaforzación se ha logrado involucra a los diferentes actores que intervienen en el control de trafico de la ciudad en este caso Empresa de Movilidad, Dirección Municipal de Transito y Policía Nacional lo cual permite desarrollar una mejorada gestión de tráfico. Situación que no sucede en ninguna ciudad del Ecuador.



Figura 3.26, Central Semafórica de Cuenca
Fuente: PROPIA

El Sistema controla 126 intersecciones como se indica en el siguiente grafico

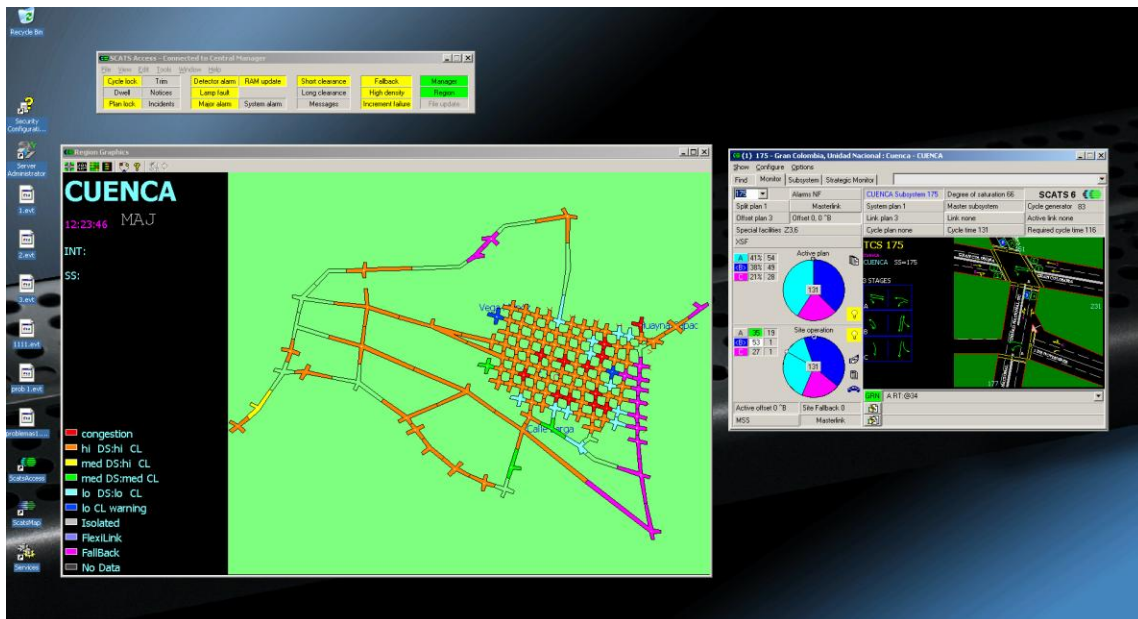


Figura 3.27: Sistema de Control de Tráfico en Cuenca
Fuente: PROPIA

Existe el control automático en todas las intersecciones centralizadas

Además del monitoreo de las mismas referente a:

1. Cambio del plan por actividad del tráfico
2. Cambio del plan por tiempo-del-día
3. Monitoreo de las alarmas del detector y de las lámparas
4. Monitoreo de la integridad del controlador



Figura 3.28, Cambio de Planes

Fuente: PROPIA

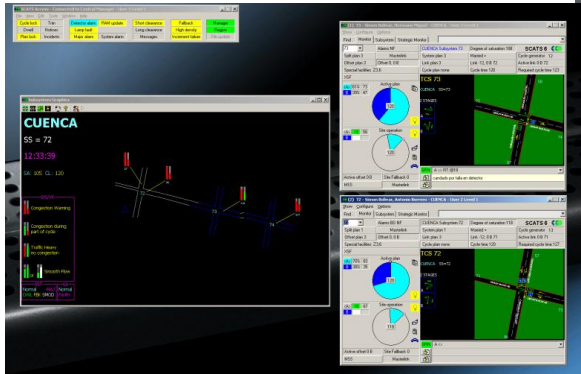


Figura 3.29, Monitoreo de congestión

Fuente: PROPIA

5. Alarma de pérdida de los datos del tráfico
6. Alarma de la congestión del tráfico

7. Registro de alarmas a la terminal y/o al disco
8. Observación/alteración de los tiempos del controlador
9. Observación/alteración de los tiempos fijos de coordinación

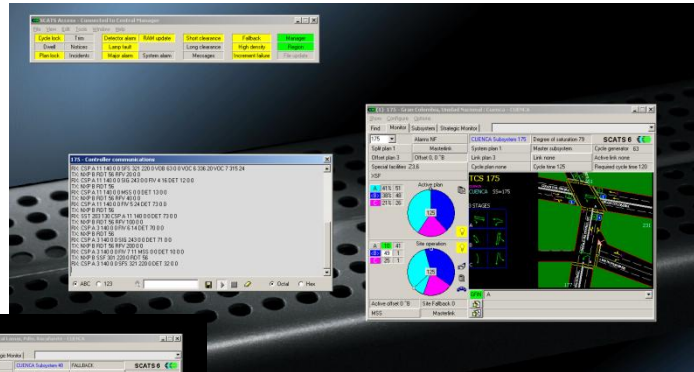


Figura 3.30, Verificación de Comunicación

Fuente: PROPIA

10. Detención manual (parada) de cualquier fase
11. Exhibición de los datos de la comunicación

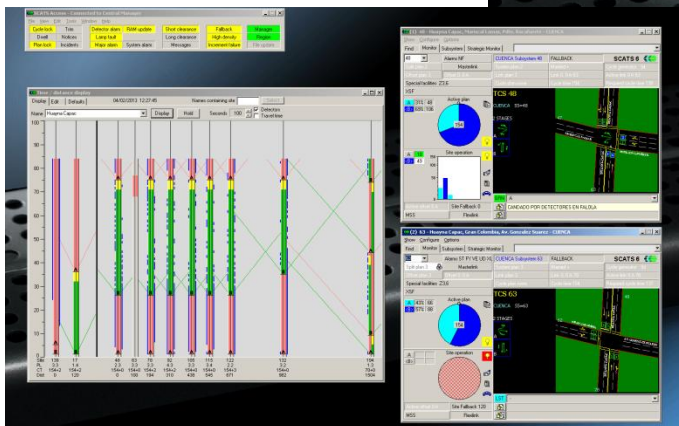


Figura 3.31, Control de Coordinación

Fuente: PROPIA

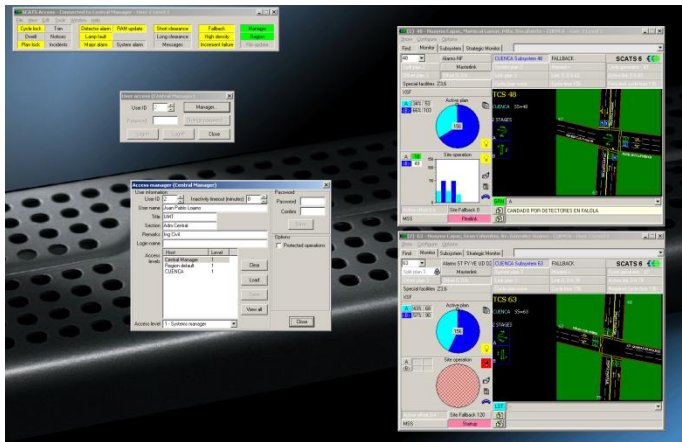


Figura 3.32, Control de accesos
Fuente: PROPIA

- 12. Definición manual de la duración del ciclo
- 13. Definición manual de las secciones de cada fase
- 14. Biblioteca de rutinas y de instrucciones especiales
- 15. Exhibición del diagrama de Tiempo y distancia en color
- 16. Gráficas en color

- 17. Registro de actividad del operador
- 18. Llaves y contraseñas de seguridad
- 19. El archivar de la base de datos total
- 20. El archivar de los tiempos y datos de configuración del controlador

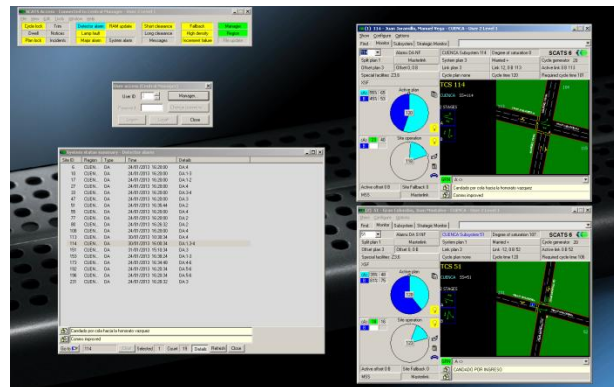


Figura 3.33, Control de alarmas
Fuente: PROPIA

- 21. Facilidad de “mapa en la pared”
- 22. Calibración diaria automática del flujo de saturación para cada carril

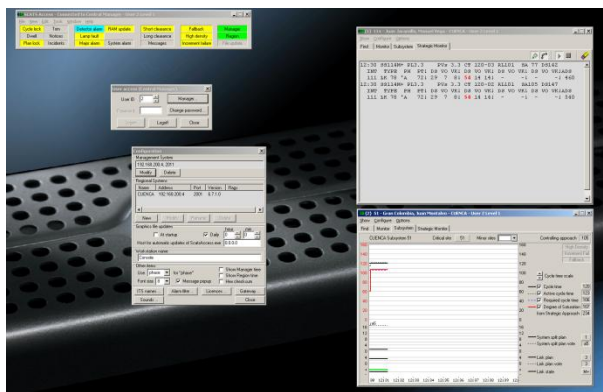


Figura 3.34, Determinación de Volúmenes de tráfico
Fuente: PROPIA

- 23. Totales de tráfico cada cinco minutos de cualquier detector en el sistema

3.3.2 Aplicación al caso de la ciudad de Guayaquil-Ecuador:

En la ciudad de Guayaquil se ha realizado la semaforización de 62 intersecciones con el Sistema de Control de tráfico Sctas, el sistema de comunicación es mediante fibra óptica, y cuenta con un centro de control y monitoreo para poder identificar las alarmas generadas en las diferentes intersecciones de la ciudad que están centralizadas



Figura 3.36, Estación de control ciudad Guayaquil
Fuente: PROPIA

mediante este sistema, el funcionamiento del Sistema de Control

es prácticamente igual a la ciudad de Cuenca en lo

referente a todas sus aplicaciones, no cuentan con un sistema de Circuito Cerrado de Televisión como se tiene en la ciudad de Cuenca, se debe tener en cuenta que como es un proceso el mismo se lo instalara en los próximos años según la versión de las autoridades.

En este punto es importante señalar la importancia que tiene el Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) en la gestión de tráfico pues es más rápida la actuación de las diferentes autoridades de control de tráfico con la visión de lo que sucede en tiempo real en los diferentes corredores de una ciudad, ya que para una persona que realiza el control es más sencillo interpretar lo que muestra el monitoreo en video que lo indicado en una pantalla donde están los niveles de congestión los mismos que no son entendidos por la mayoría de personas.

Para la implementación de un Sistema de Control de Tráfico siempre debe tomarse en cuenta el Sistema de Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) el mismo debe abarcar a la mayor parte de intersecciones centralizadas para la mejor gestión de tráfico, verificación de alarmas y control de personal de tránsito en la vía pública. Siempre este punto debe ser una de las fortalezas de un centro de control de tráfico, ya que la mayoría de personal que trabaja en los centros de control no son ingenieros de tráfico sino personal de control (policía nacional, agentes civiles de tránsito) y en la mayor parte de los casos a pesar de cualquier capacitación que se realice siempre va existir inconvenientes, por eso la mejor recomendación es siempre además del software para el control de tráfico implementar el Sistema de Televisión (CCTV).



Figura 3.35, Mapa de control ciudad Guayaquil
Fuente: PROPIA



Figura 3.37, Control de Tráfico ciudad Guayaquil
Fuente: PROPIA

En la ciudad de Guayaquil se ha mejorado el sistema de video detección, el cual se realiza a través de un sistema más versátil y que ocupa menos espacio como se puede apreciar en las siguientes figuras comparativas:



Figura 3.38, Módulo de sensor instalado en Cuenca
Fuente: ITERIS
Elaboración: Propia



Figura 3.39, Módulo de sensor instalado en Guayaquil
Fuente: ITERIS
Elaboración: Propia

Como puede apreciarse en las dos figuras el equipo observado es un modulo de sensor necesario para transmitir las señales de video hacia el controlador de trafico, en la figura de la derecha el mismo es mas pequeño y es necesario solo un cable para transmitir toda la información, mientras que en la figura de la izquierda se puede apreciar una gran cantidad de cables para realizar el mismo objetivo.

Esto nos da otro parámetro importante que hay que mencionar el cual es la importancia de actualizar todo lo referente a hardware y software instalados en los centros de control de tráfico por lo menos cada año, a fin de mantener vigente los sistemas de control de tráfico y que los mismos no se degraden pues dichas situaciones tienen como consecuencia en el mediano plazo el cambio de los sistemas de control lo cual es siempre costoso, debemos señalar que alejados de cualquier ideología política los Sistemas de Control de Trafico deben ser siempre mantenidos y actualizados a pesar de que haya sido realizado por otras autoridades porque lo contrario al mediano plazo genera mayores gastos en una ciudad.

CAPITULO 4

DETERMINACION DE LOS NIVELES DE SERVICIOS ÓPTIMOS

Para la determinación de los niveles de servicio óptimos en un Sistema Semafórico Adaptativo, como se indico en los capítulos anteriores se sigue la misma metodología para el cálculo de los semáforos en tiempo fijo es decir la determinación su ciclo máximo, las longitudes de cola, y el nivel de servicio obtenido con la implementación de una intersección semaforizada.

Existen los métodos manuales conocidos por los ingenieros de trafico como es la formula de Wester o el método del HCM, que nos indican en primera instancia la conveniencia de implementar una intersección semafórica, debemos entender que la técnica es la misma que por mas que exista la ayuda de la telemática y la computación los parámetros de configuración y calibración debe ser ingresados a través de los métodos conocidos por la ingeniería de trafico.

Los Sistemas computarizados han ayudado sobre manera a conseguir los resultados de manera mas rápida y poder abordar al mismo tiempo varios problemas presentados. La Ingenieria de trafico trata de obtener la solución mas adecuada con el objetivo de conseguir el nivel de servicio adecuado, en este contexto se debe analizar varias soluciones para el problema planteado incluido no solamente la solución semafórica sino también el cambio de infraestructura, todos estos tópicos deben ser tomados en cuenta al momento de dar una solución.

Generalmente también siempre surge la pregunta de que es lo mas adecuado al momento de plantear una solución semafórica en el sentido si la misma podría funcionar adecuadamente en forma aislada y en que momento la misma debería ser centralizada.

Para aclarar todos estos elementos de análisis vamos a realizar un ejemplo característico referente a un problema en la cual se quiere determinar la conveniencia oh no de plantear una solución semaforizada y hasta que nivel la misma podría ser la optima.

4.1.1. Determinación del tipo de solución

En este punto se debe indicar que no todos los problemas son iguales, varios de ellos pueden tener soluciones sencillas, y otras soluciones muy elaboradas. Pero siempre se puede partir de un esquema básico como es el siguiente:

- Antecedentes: Debe indicarse la problemática en el lugar de estudio
- Condiciones de diseño: niveles de servicio actuales
- Alternativas de diseño
- Cuadro comparativo de las alternativas de diseño.

En el siguiente ejemplo se ilustra la aplicación de lo anteriormente mencionado, el software que se ha utilizado es el SIDRA, se analiza la alternativa de la implementación de un semáforo adaptativo.

4.1.1.1 Ejemplo de Análisis de intersección semafórica adaptativa para determinar su nivel de servicio

Como se indicaba anteriormente no todos los problemas tienen la misma solución el siguiente ejemplo abarca la necesidad de siempre realizar un modelamiento de tráfico a la solución planteada a fin de determinar las ventajas o desventajas de la misma e incluso poder hacer modificaciones para alcanzar un adecuado nivel de servicio con la semaforización. La intersección para ejemplo de análisis esta entre la Av. Simón Bolívar y Av. de los Granados en la ciudad de Quito, se ha utilizado el software SIDRA, que puede verificar el funcionamiento de una intersección adaptativa mediante la definición del gap y la longitud de la zona de detección.

Antecedentes:

El análisis se realiza con las condiciones de tráfico proyectado previo a la implementación de un equipamiento en el sector para el centro de Desarrollo y Gestión Empresarial sin embargo se utiliza un factor de 0,75 que es el factor de hora de máxima demanda para el cálculo correspondiente.

El análisis realizado se realiza en dos partes:

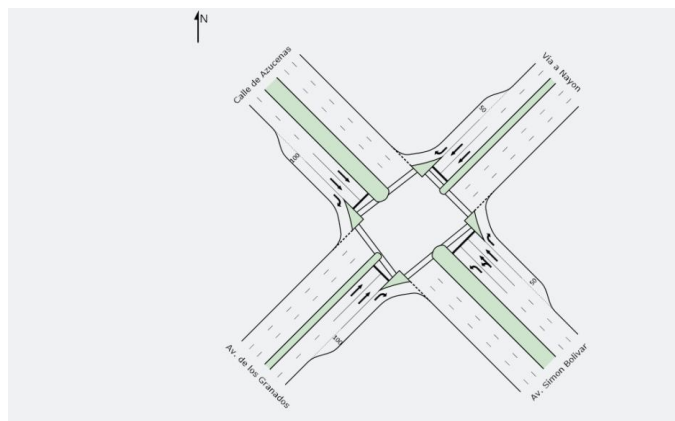
- 1.- Condiciones Originales de Diseño.
- 2.- Mejoras en las Condiciones Originales de Diseño (Diseño 1)
- 3.- Mejoras en las Condiciones Originales de Diseño (Diseño 2)

Mediante el modelo de tráfico realizado en los software SIDRA para micro simulación se realizo dicho procedimiento

1.- Condiciones Originales de Diseño

Se ha realizado el análisis de la intersección en la Av. Simón Bolívar y Av. de los Granados en condiciones de una intersección semafórica normal el cual se ilustra en el grafico siguiente:

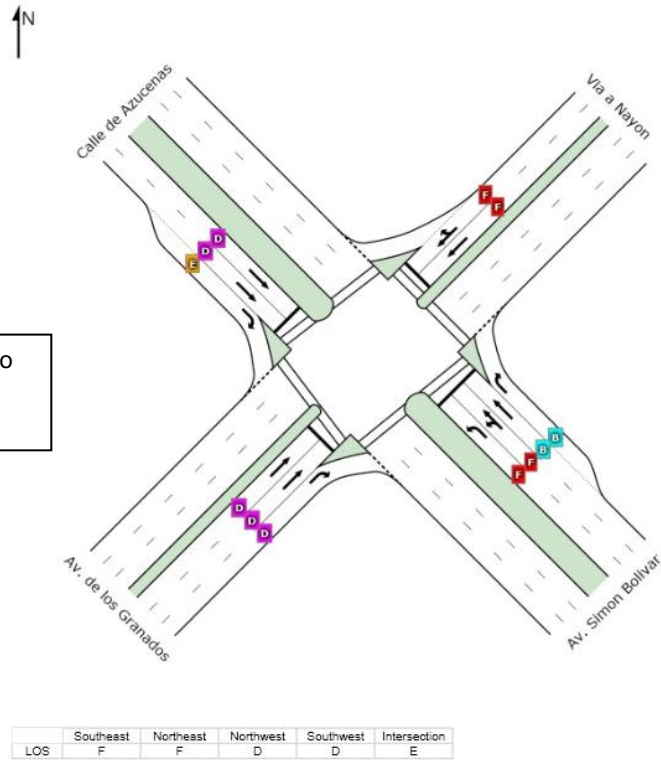
Figura 4.1, Esquema de diseño
Elaboración: PROPIA



Se ha determinado los parámetros de: nivel de servicio, grado de saturación y longitudes de cola los cuales se presentan a continuación:

Niveles de Servicio,
Grado de Saturación y
Longitudes de Cola:

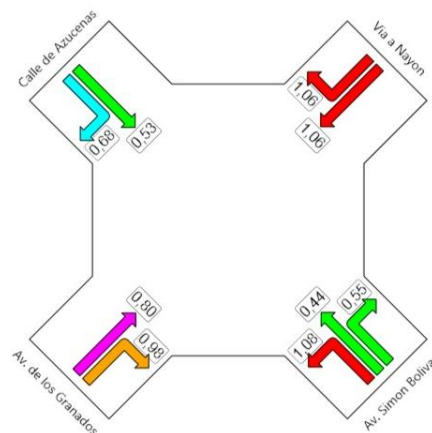
Figura 4.2, Niveles de Servicio
Elaboración: PROPIA



El nivel de servicio general con el cual va a trabajar dicha intersección es E, siendo los mas conflictivos el giro izquierdo desde la Av. Simon Bolivar hacia la Av. de los Granados, la circulación directa desde la Via a Nasyon hacia la Av. de los Granados los mismos que alcanzan niveles de servicio tipo F, es decir con sobresaturación el mismo que se presenta el siguiente grafico:

Signals - Fixed Time Cycle Time = 120 seconds (Practical Cycle Time)

Figura 4.3, Grados de Saturación
Elaboración: PROPIA



Las condiciones que se presentan se tienen valores superiores a 1 es decir que no existe capacidad adicional que nos indica que todos los carriles van a estar a su plena capacidad.

Las longitudes de cola expresada en metros que se presentan con la propuesta dada son:

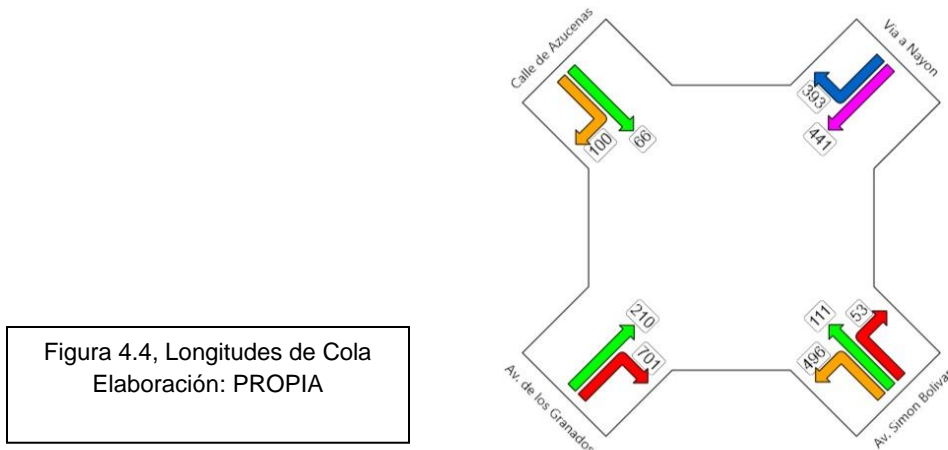


Figura 4.4, Longitudes de Cola
Elaboración: PROPIA

Siendo la más conflictiva el giro izquierdo desde la Av. Simón Bolívar hacia la Av. Granados con casi 500 m de cola y que va a trabajar a su máxima capacidad por lo cual no va cumplir con condiciones favorables de funcionamiento sobre todo en horas pico. Con demoras en promedio de 67 seg por vehiculo como se resume en el siguiente grafico:

Movement Performance - Vehicles											
Mov ID	Turn	Demand Flow veh/h	HV %	Deg. Satn v/c	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Prop. Queued	Effective Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South East: Av. Simon Bolivar											
21	L	1553	0.0	1.082	114.4	LOS F	70.8	495.8	1.00	1.15	15.7
22	T	494	0.0	0.436	14.8	LOS B	15.9	111.0	0.60	0.54	46.1
23	R	306	0.0	0.548	17.5	LOS B	7.6	53.0	0.46	0.76	45.7
Approach		2353	0.0	1.082	80.9	LOS F	70.8	495.8	0.85	0.97	20.3
North East: Via a Nayon											
25	T	1129	0.0	1.065	94.7	LOS F	63.0	441.2	1.00	1.27	16.1
26	R	331	0.0	1.065	94.6	LOS F	56.1	392.9	1.00	1.19	17.0
Approach		1460	0.0	1.065	94.7	LOS F	63.0	441.2	1.00	1.25	16.3
North West: Calle de Azucenas											
28	T	344	0.0	0.530	50.1	LOS D	9.4	65.6	0.96	0.79	24.3
29	R	274	0.0	0.685	57.2	LOS E	14.3	100.0	0.97	1.03	24.0
Approach		618	0.0	0.685	53.2	LOS D	14.3	100.0	0.97	0.90	24.1
South West: Av. de los Granados											
31	T	1096	0.0	0.803	40.2	LOS D	30.1	210.5	0.97	0.90	27.3
32	R	1571	0.0	0.985	42.7	LOS D	100.2	701.1	1.00	1.10	27.8
Approach		2666	0.0	0.985	41.7	LOS D	100.2	701.1	0.99	1.01	27.6
All Vehicles		7097	0.0	1.082	66.6	LOS E	100.2	701.1	0.94	1.04	21.6

Cuadro 4.1, Cuadro de resumen diseño original
Elaboración: PROPIA

2.- Mejoras en las Condiciones Originales de Diseño (Diseño 2):

Se prueba la intersección modificando las condiciones geométricas en la cual se tiene dos carriles para giro izquierdo como se indica en la figura:

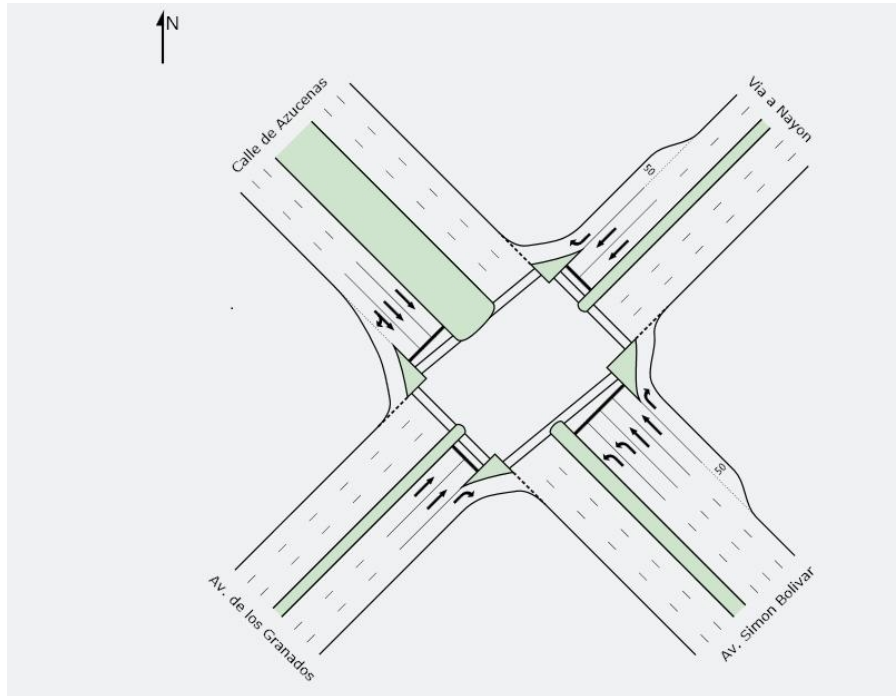


Figura 4.5, Segunda propuesta de diseño
Elaboración: PROPIA

En la cual se propone:

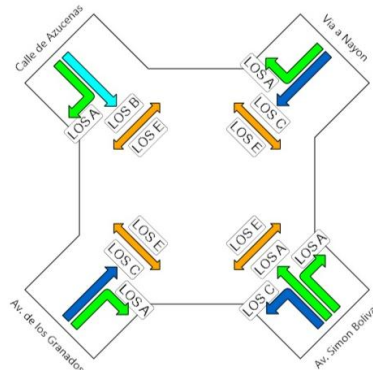
- Dos carriles para el giro izquierdo desde la Av. Simón Bolívar hacia la Av. de los Granados.
- Un carril adicional en la calle Amazonas.

Con estas mejoras en las condiciones viales se pretende alcanzar los siguientes resultados:

Centro de Desarrollo y Gestión Empresarial
Av. Simón Bolívar y Granados
Signals - Actuated, Cycle Time = 120 seconds
Sensitivity Analysis (Maximum Green) Results for Parameter Scale = 70.0 %

Niveles de Servicio, Grado de Saturación y Longitudes de Cola:

Figura 4.6, Segunda propuesta de diseño, Niveles de servicio
Elaboración: PROPIA



Con las reformas contempladas se obtienen niveles de servicio C en toda la intersección, es de considerar que las condiciones de tráfico están determinadas para una proyección ya establecida con un cambio en el uso de suelo, así que en las condiciones presentes de darse el proyecto con las consideraciones planteadas funcionaria adecuadamente y para una proyección dada todavía conservaríamos un nivel de servicio tipo C con una demora de 20 seg en promedio por vehículo en la intersección, a continuación se presenta el cuadro resumen de la intersección analizada.

Los grados de saturación obtenidos serian como se indica en el siguiente grafico en el cual con el trafico proyectado no llegaríamos a una sobresaturación durante la hora de máxima demanda.

Centro de Desarrollo y Gestion Empresarial
 Av. Simon Bolivar y Granados
 Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 70.0 %

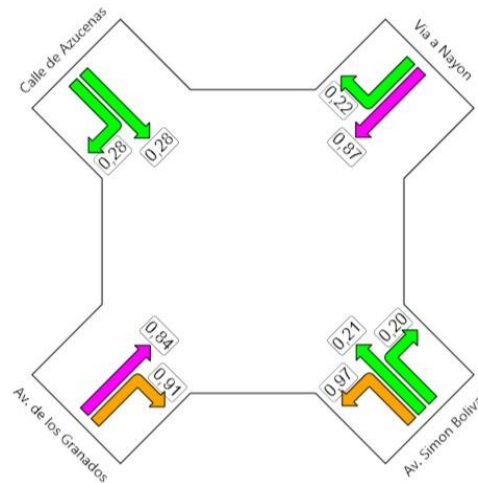


Figura 4.7, Segunda propuesta de diseño,
 Grados de saturación
 Elaboración: PROPIA

El siguiente parámetro que es la longitud de cola se presenta a continuación con los siguientes resultados:

Centro de Desarrollo y Gestion Empresarial
 Av. Simon Bolivar y Granados
 Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 70.0 %

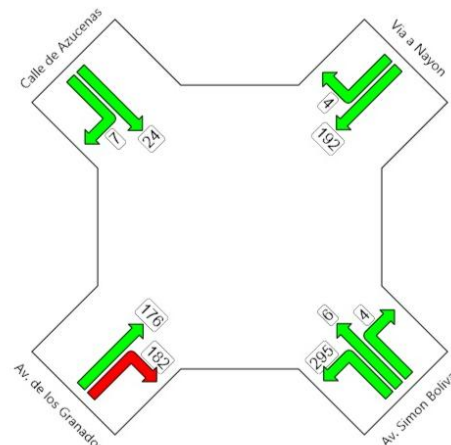


Figura 4.8, Segunda propuesta de diseño,
 Longitudes de cola
 Elaboración: PROPIA

Centro de Desarrollo y Gestion Empresarial
 Av. Simon Bolivar y Granados
 Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 70,0 %

Movement Performance - Vehicles											
Mov ID	Tum	Demand Flow veh/h	HV %	Deg. Satn vic	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Prop. Queued	Effective Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South East: Av. Simon Bolivar											
21	L	1553	0,0	0,970	33,4	LOS C	42,2	295,5	0,89	0,92	28,9
22	T	494	0,0	0,212	1,7	LOS A	0,9	6,2	0,06	0,30	59,7
23	R	306	0,0	0,204	0,3	LOS A	0,5	3,8	0,06	0,63	53,5
Approach		2353	0,0	0,970	22,5	LOS C	42,2	295,5	0,61	0,75	34,7
North East: Via a Nayon											
25	T	1129	0,0	0,873	34,4	LOS C	27,5	192,2	0,84	0,81	30,7
26	R	331	0,0	0,220	0,3	LOS A	0,6	4,1	0,06	0,63	53,5
Approach		1460	0,0	0,873	26,7	LOS C	27,5	192,2	0,66	0,77	34,0
North West: Calle de Azucenas											
28	T	344	0,0	0,279	19,3	LOS B	3,4	23,6	0,38	0,42	39,3
29	R	274	0,0	0,279	0,3	LOS A	1,0	6,9	0,07	0,80	53,2
Approach		618	0,0	0,279	10,9	LOS B	3,4	23,6	0,24	0,59	44,5
South West: Av. de los Granados											
31	T	1096	0,0	0,843	31,4	LOS C	25,1	175,8	0,80	0,78	32,1
32	R	1571	0,0	0,911	8,7	LOS A	26,0	182,3	0,40	0,77	44,0
Approach		2666	0,0	0,911	18,1	LOS B	26,0	182,3	0,57	0,77	38,3
All Vehicles		7097	0,0	0,970	20,7	LOS C	42,2	295,5	0,57	0,75	36,5

Cuadro 4.2, Segunda propuesta de diseño, Cuadro resumen
 Elaboración: PROPIA

Donde el giro izquierdo tiene 295 m de cola, pero presenta un nivel de servicio C, el cual indica que las condiciones durante los hora pico son buenas para la circulación, siempre cuando no exista detenciones ocasionadas por mal estacionamiento o giros indebidos (giros en U) que pueden ocasionar que dichas condiciones cambien a regulares lo cual se elimina con un adecuado control de transito.

Las fases semafóricas lograr esta condición de son:

Av. Simon Bolivar y Granados
 Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 70,0 %

Phase times determined by the program
 Sequence: tres fases
 Input Sequence: b, a, c
 Output Sequence: b, a, c

Phase Timing Results			
Phase	b	a	c
Green Time (sec)	52	16	40
Yellow Time (sec)	3	3	3
All-Red Time (sec)	1	1	1
Phase Time (sec)	56	20	44
Phase Split	47 %	17 %	37 %

para servicio

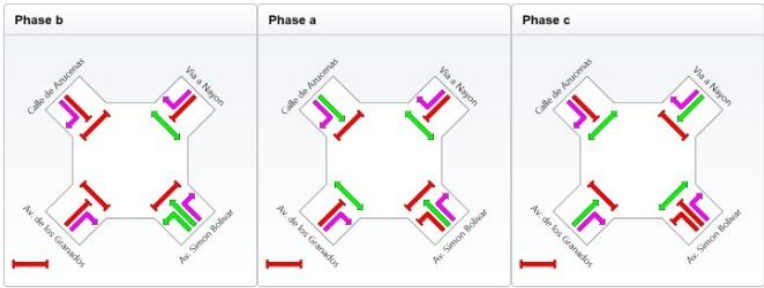


Figura 4.9, Segunda propuesta de diseño, Fases semafóricas
 Elaboración: PROPIA

El esquema de fases sería el siguiente:

Centro de Desarrollo y Gestion Empresarial
 Av. Simon Bolivar y Granados
 Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 70,0 %
 Phase times determined by the program
 Sequence: tres fases
 Input Sequence: b, a, c
 Output Sequence: b, a, c

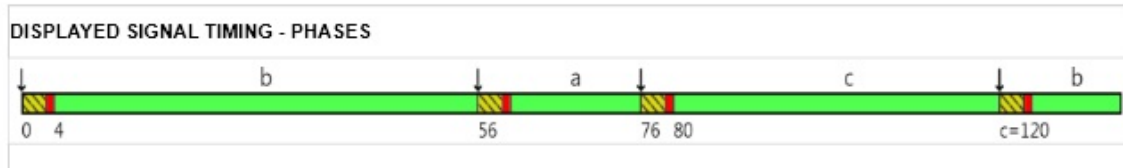


Figura 4.10, Segunda propuesta de diseño, esquema de fases
 Elaboración: PROPIA

Las condiciones de adaptabilidad en la intersección son:

CYCLE TIME OPTION

Practical Cycle Time
 Maximum Cycle Time: 120 sec
 Cycle Rounding: 10 sec

Optimum Cycle Time
 Lower: Program
 Upper: 120 sec
 Increment: 5 sec

User-Given Cycle Time
 Cycle Time: 120 sec

User-Given Phase Times

GREEN SPLIT OPTION

Green Split Priority for Coordinated Movements

ACTUATED SIGNAL DATA

	Major Movement	Minor Movement
Maximum Green Time	60,0 sec	25,0 sec
Gap Setting	4,5 sec	4,5 sec
Effective Detection Zone Length	3,0 m	3,0 m

Figura 4.11, Segunda propuesta de diseño, condiciones de adaptabilidad
 Elaboración: PROPIA

Para el cálculo se determinó que la intersección va a trabajar de manera adaptativa en una adecuada coordinación que permitirá tener condiciones adecuadas en la llegada hacia la intersección en donde el espaciamiento entre vehículos va ser de 4,5 seg y la zona efectiva de detección es de 3m. Se debe considerar que las condiciones presentadas en el presente informe solo se darán con una intersección adaptativa si la misma funciona en forma aislada no se podrán obtener condiciones adecuadas, se presenta a continuación el siguiente análisis de sensibilidad:

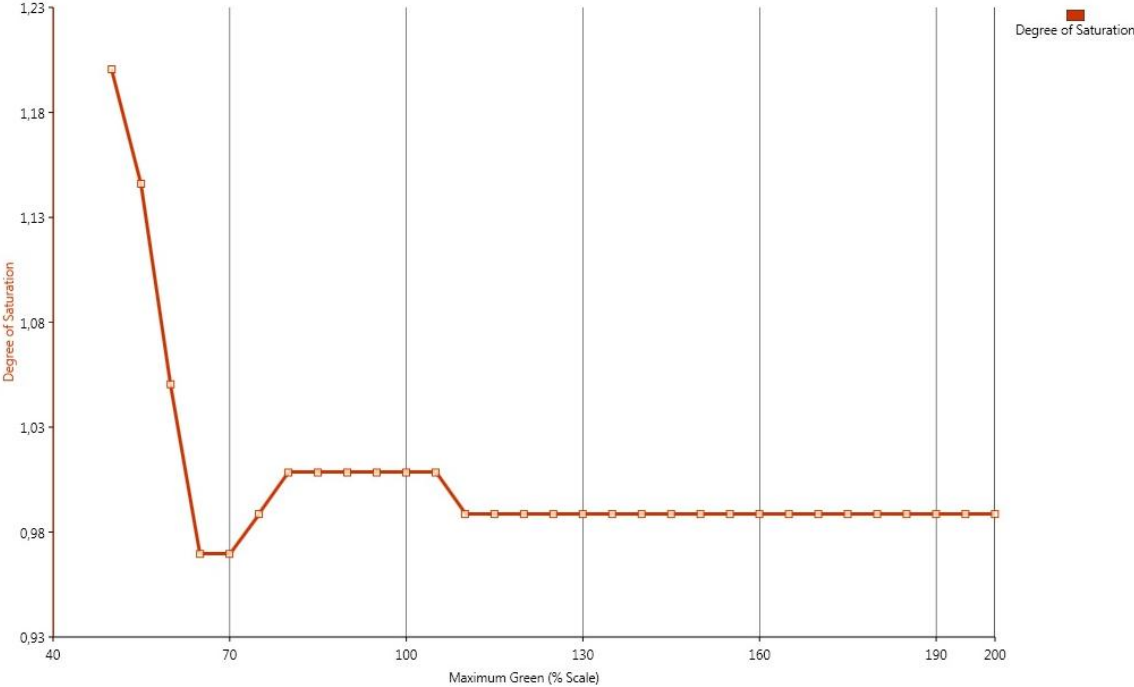


Figura 4.12, Segunda propuesta de diseño, sensibilidad
Elaboración: PROPIA

La condición de adaptabilidad permitirá variar el ciclo semafórico entre su máximo y mínimo y dar el mayor tiempo posible de verde a la fase más conflictiva mediante este procedimiento si se ocupa solo el 70% del tiempo de verde del máximo permitirá que las condiciones de saturación mantenerlas manejables sin llegar a la sobresaturación. Con el 100% del máximo verde el grado de saturación aumenta eso se da en intersecciones aisladas que no pueden cambiar los tiempos de verde para optimizar los ciclos.

3.- Mejoras en las Condiciones Originales de Diseño (Diseño 3):

La siguiente interacción en las que se ha ido probando otra serie de condiciones se ha llegado a la siguiente propuesta:

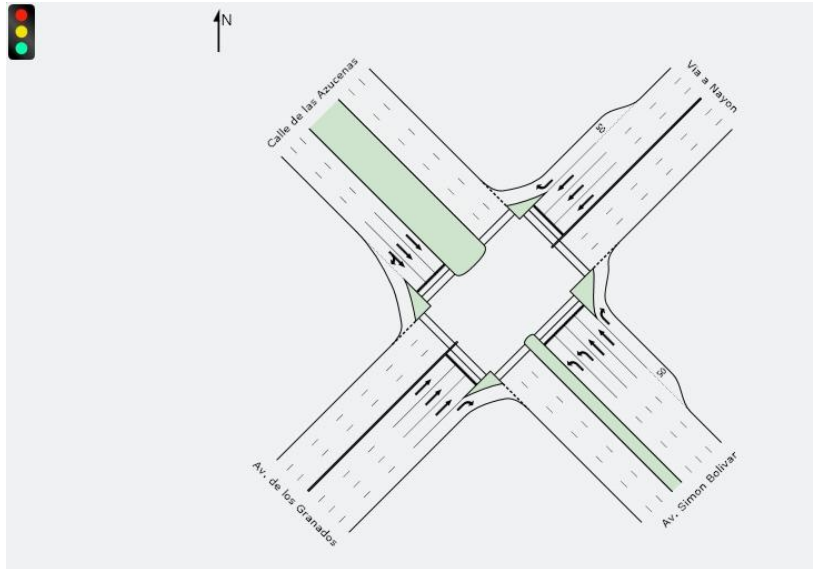


Figura 4.13, Tercera propuesta de diseño,
Elaboración: PROPIA

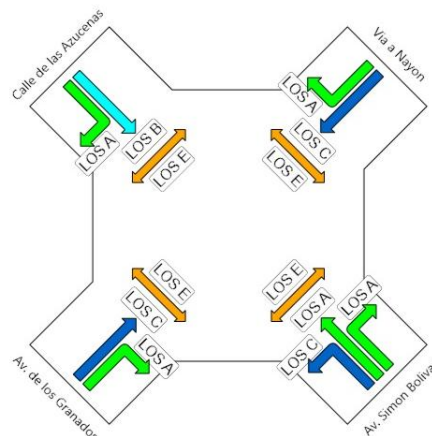
en la misma se tiene:

1. Tres carriles de circulación tanto en la Av. de los Granados como en la Vía a Nayon.
2. Dos carriles para el giro desde la calle Simón Bolívar hacia la Av. de los Granados.
3. Tres carriles de circulación en la calle de las Azucenas.

Con estas mejoras en las condiciones viales se pretende alcanzar los siguientes resultados:

Niveles de Servicio, Grado de Saturación y Longitudes de Cola:

Figura 4.14, Tercera propuesta de diseño, Niveles de servicio
Elaboración: PROPIA



Con las reformas contempladas se obtienen niveles de servicio B en toda la intersección, es de considerar que las condiciones de tráfico están determinadas para una proyección ya establecida con un cambio en el uso de suelo, así que en las condiciones presentes de darse el proyecto con las consideraciones planteadas funcionaría adecuadamente y para una proyección dada todavía conservaríamos un nivel de servicio tipo B con una demora de 16 seg en promedio por vehículo en la intersección, a continuación se presenta el cuadro resumen de la intersección analizada.

Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 125.0 %

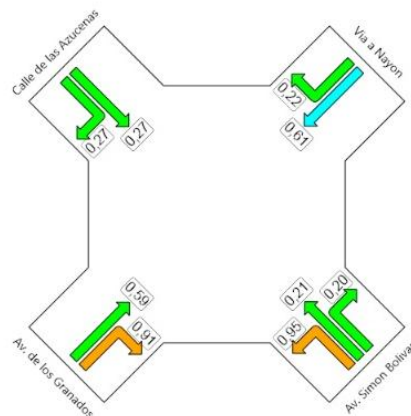
Movement Performance - Vehicles											
Mov ID	Turn	Demand Flow veh/h	HV %	Deg. Satn v/c	Average Delay sec	Level of Service	95% Back of Queue Vehicles veh	Distance m	Prop. Queued	Effective Stop Rate per veh	Average Speed km/h
South East: Av. Simon Bolivar											
21	L	1553	0.0	0,951	28.4	LOS C	34,4	241,0	0,78	0,86	31,1
22	T	494	0.0	0,206	1,6	LOS A	0,9	6,1	0,06	0,30	59,8
23	R	305	0.0	0,204	0,3	LOS A	0,5	3,8	0,06	0,63	53,5
Approach		2353	0.0	0,951	19,1	LOS B	34,4	241,0	0,53	0,71	36,7
North East: Via a Nasyon											
25	T	1129	0.0	0,613	23,4	LOS C	13,2	92,4	0,62	0,64	36,6
26	R	331	0.0	0,221	0,3	LOS A	0,6	4,1	0,06	0,63	53,5
Approach		1460	0.0	0,613	18,2	LOS B	13,2	92,4	0,50	0,64	39,5
North West: Calle de las Azucenas											
28	T	344	0.0	0,275	19,5	LOS B	3,5	24,2	0,38	0,42	39,2
29	R	274	0.0	0,275	0,3	LOS A	1,0	6,8	0,07	0,80	53,2
Approach		618	0.0	0,275	11,0	LOS B	3,5	24,2	0,24	0,59	44,4
South West: Av. de los Granados											
31	T	1095	0.0	0,592	22,9	LOS C	12,5	87,8	0,61	0,63	37,0
32	R	1571	0.0	0,911	8,7	LOS A	21,2	148,8	0,40	0,76	44,0
Approach		2666	0.0	0,911	14,6	LOS B	21,2	148,8	0,49	0,71	40,9
All Vehicles		7097	0.0	0,951	16,5	LOS B	34,4	241,0	0,48	0,68	39,4

Cuadro 4.3, Tercera propuesta de diseño, Cuadro resumen
Elaboración: PROPIA

Los grados de saturación obtenidos se indica en el siguiente grafico en el cual con el trafico proyectado (cambio de uso de suelo, trafico proyectado) no llegaríamos a una sobresaturación durante la hora de máxima demanda, mejorando inclusive las condiciones referente al diseño 1 presentado anteriormente.

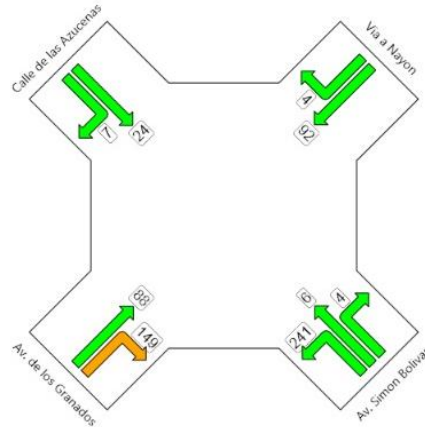
Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 125.0 %

Figura 4.15, Tercera propuesta de diseño, Grados de saturacion
Elaboración: PROPIA



El siguiente parámetro que es la longitud de cola se presenta a continuación con los siguientes resultados:

Figura 4.16, Tercera propuesta de diseño,
Longitudes de cola
Elaboración: PROPIA



Donde el giro izquierdo en este diseño tiene 241 m de cola, pero presenta un nivel de servicio C, el cual indica que las condiciones durante los hora pico son buenas para la circulación, siempre cuando no exista detenciones ocasionadas por mal estacionamiento o giros indebidos (giros en U) que pueden ocasionar que dichas condiciones cambien a regulares lo cual se elimina con un adecuado control de tránsito. Además las longitudes de cola en la Vía a Nasyon como en la Av. de los Granados disminuyen notablemente con las condiciones viales mejoradas que implican tener tres carriles de circulación para las arterias indicadas anteriormente.

Las fases semafóricas para lograr esta condición de servicio son:

Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 125.0 %

Phase times determined by the program
Sequence: tres fases
Input Sequence: b, a, c
Output Sequence: b, a, c

Phase Timing Results			
Phase	b	a	c
Green Time (sec)	53	17	38
Yellow Time (sec)	3	3	3
All-Red Time (sec)	1	1	1
Phase Time (sec)	57	21	42
Phase Split	48 %	18 %	35 %

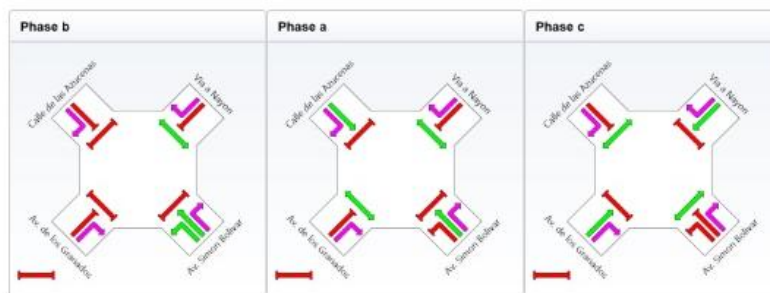


Figura 4.17, Tercera propuesta de diseño,
Fases Semafóricas
Elaboración: PROPIA

El esquema de fases sería el siguiente:

Signals - Actuated Cycle Time = 120 seconds
 Sensitivity Analysis (Maximum Green): Results for Parameter Scale = 125,0 %
 Phase times determined by the program
 Sequence: tres fases
 Input Sequence: b, a, c
 Output Sequence: b, a, c

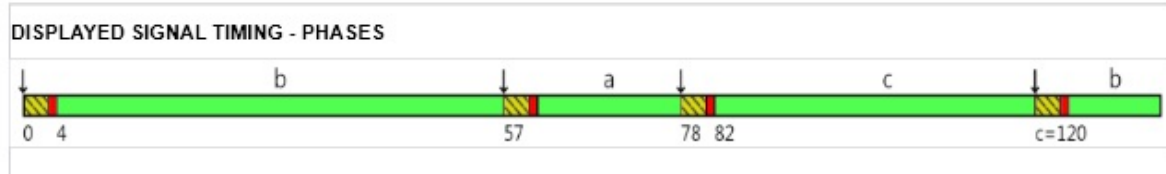


Figura 4.18, Tercera propuesta de diseño, esquema de fases
 Elaboración: PROPIA

Las condiciones de adaptabilidad en la intersección deberían ser:

CYCLE TIME OPTION

Practical Cycle Time
 Maximum Cycle Time: 120 sec
 Cycle Rounding: 10 sec

Optimum Cycle Time
 Lower: Program
 Upper: 120 sec
 Increment: 5 sec

User-Given Cycle Time
 Cycle Time: 120 sec

User-Given Phase Times

GREEN SPLIT OPTION

Green Split Priority for Coordinated Movements

ACTUATED SIGNAL DATA

	Major Movement	Minor Movement
Maximum Green Time	60,0 sec	25,0 sec
Gap Setting	4,5 sec	4,5 sec
Effective Detection Zone Length	3,0 m	3,0 m

Figura 4.20, Tercera propuesta de diseño, condiciones de adaptabilidad
 Elaboración: PROPIA

Para el cálculo se determinó que la intersección va a trabajar de manera adaptativa en una adecuada coordinación que permitirá tener condiciones adecuadas en la llegada hacia la intersección en donde el espaciamiento entre vehículos va ser de 4,5 seg y la zona efectiva de detección es de 3m. Se debe considerar que las condiciones presentadas en el presente informe solo se darán con una intersección adaptativa si la misma funciona en forma aislada no se podrán obtener condiciones adecuadas.

Además se presenta el siguiente análisis de sensibilidad:

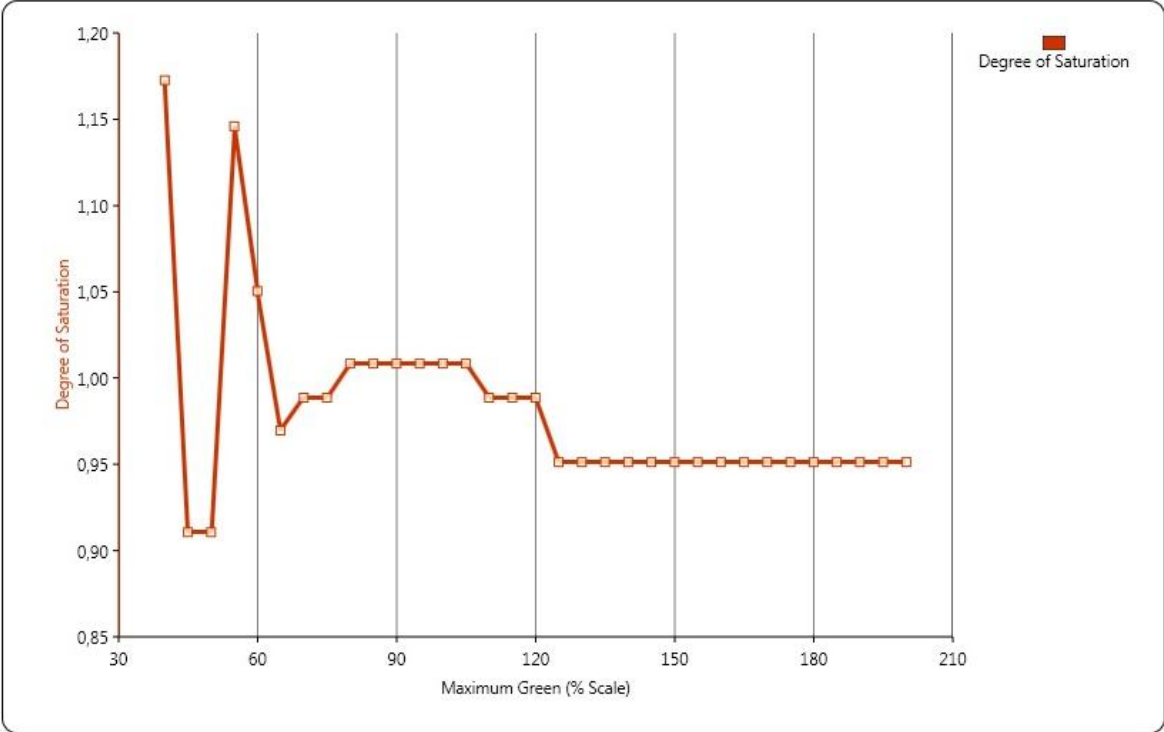


Figura 4.21, Tercera propuesta de diseño, sensibilidad
Elaboración: PROPIA

La condición de adaptabilidad permitirá variar el ciclo semafórico entre su máximo y mínimo y dar el mayor tiempo posible de verde a la fase más conflictiva mediante este procedimiento si se ocupa el 150% del tiempo de verde del máximo permitirá que las condiciones de saturación mantenerlas manejables sin llegar a la sobresaturación.

CONCLUSIÓN:

Los resultados obtenidos en la modelación se presentan en el siguiente cuadro, se debe indicar que la misma es para la hora pico de diseño, con las condiciones de tráfico incrementadas por el nuevo uso de suelo y las mismas proyectadas hacia 10 años por el crecimiento del parque automotor.

Condiciones de Trafico	Reforma Original	Diseño 1	Diseño 2
Nivel de Servicio	E	C	B
Grado de Saturación	1,082	0,97	0,95
Longitud de cola (veh)	101	42	34
Demoras (seg)	66,6	29,7	16,5
Velocidad de circulación promedio (km/h)	21,6	36,5	39,4

Cuadro 4.4, Tercera propuesta de diseño, Cuadro comparativo
Elaboración: PROPIA

La reforma geométrica deberá tener los siguientes parámetros:

- Dos carriles para el giro izquierdo desde la Av. Simón Bolívar hacia la Av. de los Granados.
- Un carril adicional en la calle Amazonas.
- Un carril adicional en la Av. de los Granados
- Un carril adicional en la Vía a Naylor

De la geometría que se entrego y se analizo si existe posibilidad de realizar dicho cambio pero existe otros parámetros como expropiaciones, paso de ducterías de agua, luz o teléfono que deben ser analizados.

La posibilidad de un paso deprimido para el giro izquierdo de mayor problemática desde la Av. Simon Bolivar hacia la Av. Granados cuyo análisis también fue realizado y con el cual el tráfico en la superficie se tendría en condiciones de servicio tipo A, con demoras de 5 seg. por vehículo es una opción válida para solucionar también el problema planteado. Pero también se debe considerar que un paso deprimido ayudara a la circulación de dicha intersección pero puede provocar que el problema se traslade a otros puntos de la ciudad, lo cual incluso agrava las condiciones de movilidad ya no de una intersección sino de un sector oh área.

Lo más adecuado es tener condiciones de control y regulación del paso de vehículos que permitan realizar una adecuada gestión de tráfico, y que se puede adaptar a las condiciones futuras.

Es importante indicar dentro del análisis que se realiza las diferentes alternativas para tener un punto de comparación de cuál es la más adecuada. También al tratar semaforización adaptativa es necesario tener un software adecuado que nos facilite los cálculos y definición de parámetros que posteriormente serán ingresado en los Sistemas de Semaforización, situación que lo indicaremos más adelante.

4.2 Calculo de ciclos óptimos preliminares

Luego de realizar el análisis previo de los niveles de servicio que se alcanzaría con la implementación de una intersección semafórica adaptativa es necesario programar los parámetros calculados dentro del Sistema de Control Semaforico, para este punto indicamos como se realiza el ingreso dentro del Sistema de Control de Trafico Sctas que fue indicado en los capítulos anteriores:

4.2.1 Ingreso de los tiempos máximos y mínimos,

lo determinado en nuestro planeamiento se ingresa como un parámetro básico en el funcionamiento de un intersección:

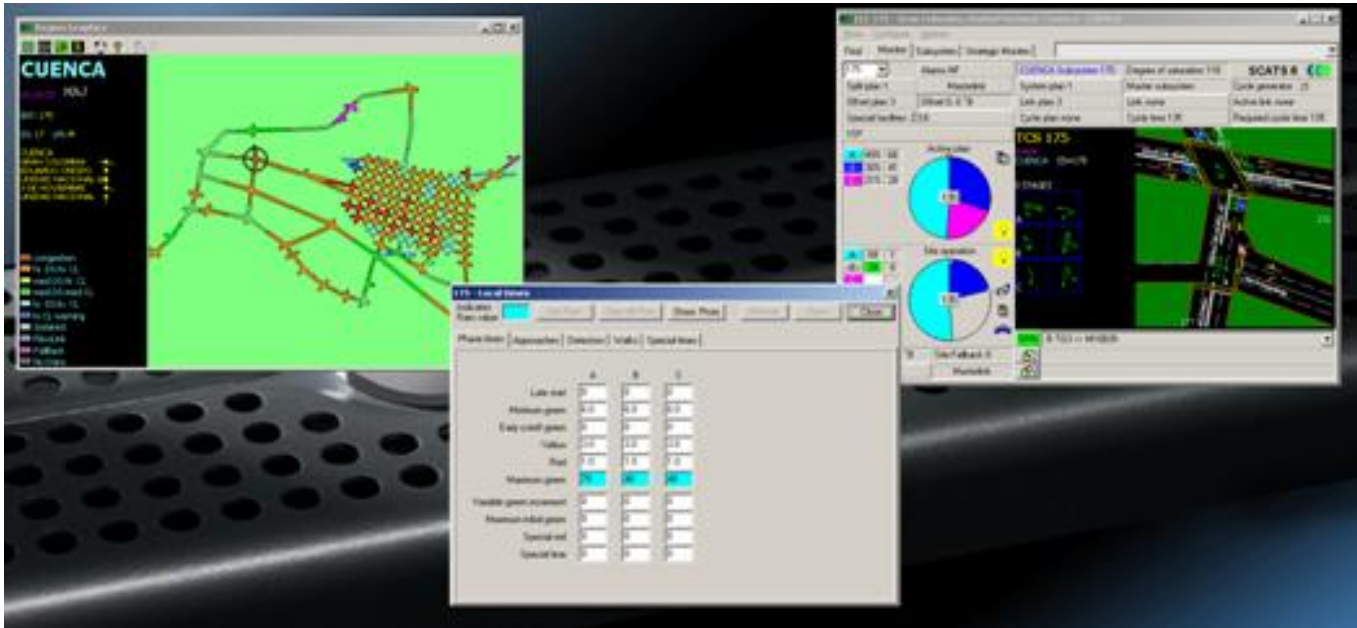


Figura 4.22, Ingreso de Tiempos máximos y mínimos,
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

Además de los tiempos de todo rojo y amarillo que resultaron de los cálculos posteriores.

Es importante nuevamente indicar que los tiempos máximos para el ingreso al sistema adaptativo son realizados de la misma manera que para los semáforos de tiempo fijo, solamente con la particularidad que cuando se presente sobresaturación en una hora determinada la semaforización adaptativa actuara al máximo de su capacidad hasta que la sobresaturación se elimine.

4.2.2 Ingreso del Gap y Headway:

Otro de los factores a ser tomados en cuenta para el ingreso en sistema adaptativo es el gap y headway, parámetros que también son calculados en las etapas posteriores de planeamiento

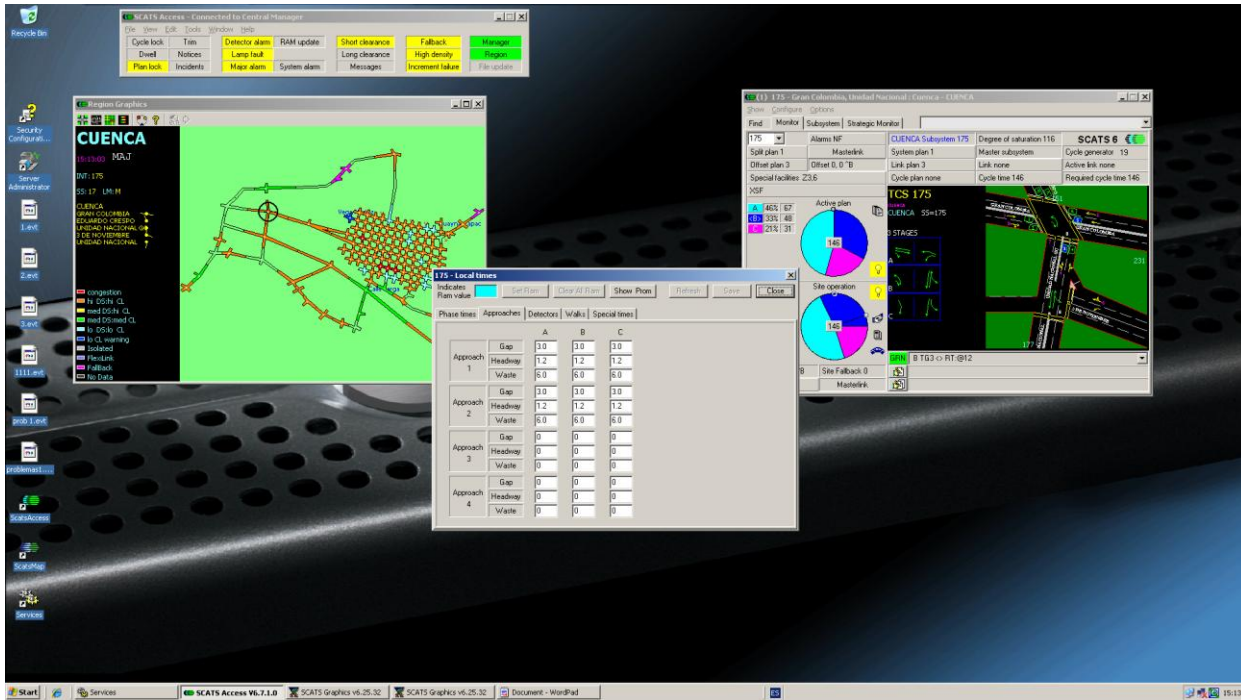


Figura 4.23, Ingreso de Gap y Headway
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

Generalmente los gap son tomados como 3 seg, y los headway como de 1,2 seg. De existir condiciones diferentes dependiendo de las ciudades los mismos pueden ser medidos mediante contadores de tráfico así para una mejor aproximación de este parámetro, es importante indicar que sistemas como el Sctas que basan su lógica de tráfico en el espaciamiento entre vehículos este parámetro es constantemente calculado, pero en un inicio se tiene que dar los valores iniciales de partida, así como la manera en que el mismo debe operar si se encuentra trabajando de manera aislada.

4.2.3 Ingreso de tiempos de despeje de Peatones

Es importante indicar que en los sistemas adaptativos se debe indicar el tiempo mínimo de cruce del peatón dependiendo del ancho de calzada.

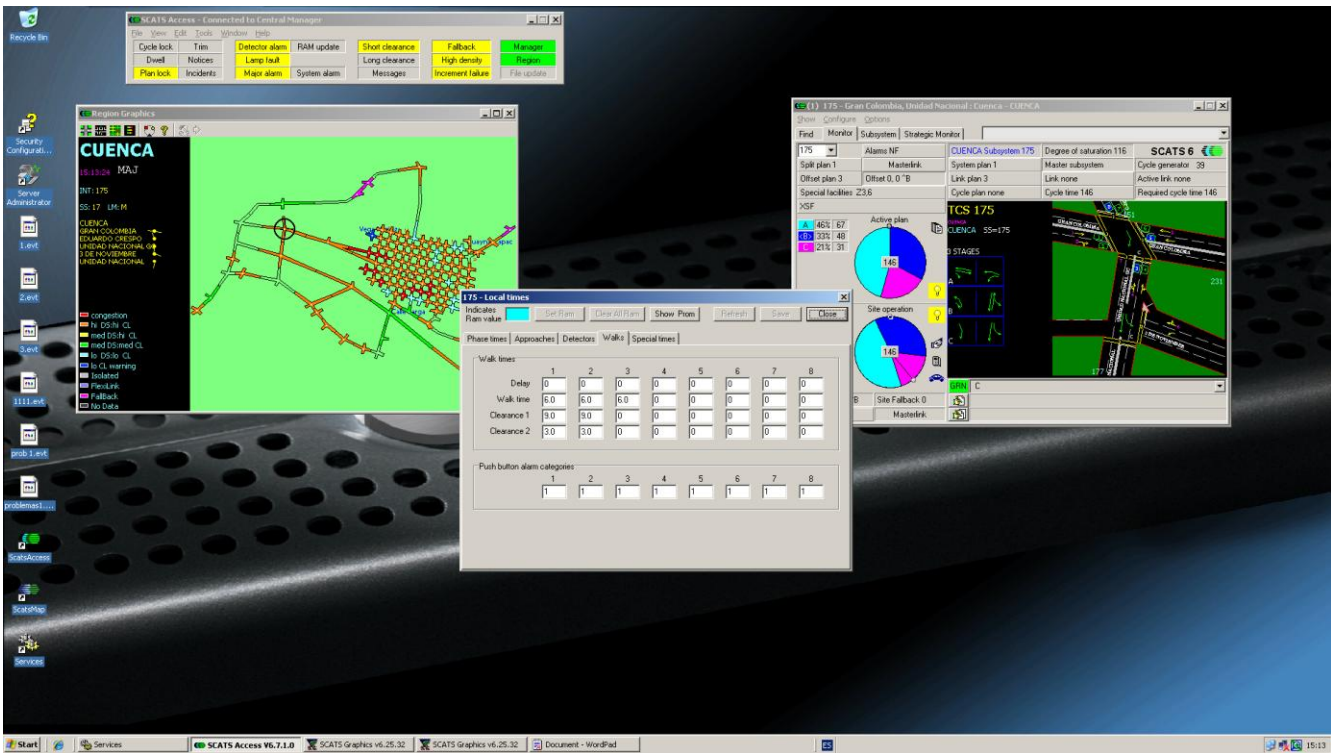


Figura 4.24, Ingreso de Tiempo para Peatones,
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

Estos tiempos determinados empezaran a ser parte de las diferentes fases por lo cual su determinación debe ser la correcta en el sentido de indicar el tiempo minimo de cruce peatonal y el tiempo de flasheo para peatones que serán de suma utilidad para el adecuado funcionamiento de la intersección adaptativa implementada, muchas de las veces omitimos oh no le damos la importancia debida a este parámetro de calculo y puede presentarse errores por lo cual se debe tomar muy en cuenta esta situación.

4.2.4 Calculo de Ciclos en Intersecciones Adaptativas:

Una vez ingresado los parámetros de tiempos máximos, gap, headway, tiempos para peatones, además de configurado el sistema de detección para cada una de las fases ya sea mediante video detección o espiras.

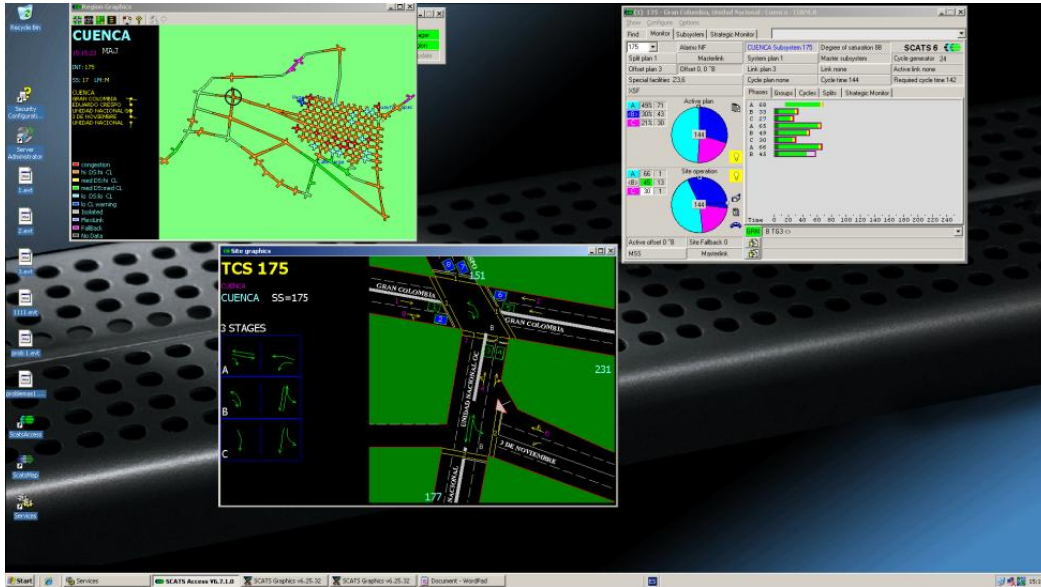


Figura 4.25, Calculo de Ciclos,
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

El sistema adaptativo empezara a registrar los volúmenes de tráfico en tiempo real, para determinar automáticamente la duración de las fases así como los tiempos de ciclo.



Figura 4.26, Registro de Volúmenes de Trafico,
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

De la información que nos envía los detectores de trafico referente a los volúmenes de trafico y el espaciamiento entre vehículos el sistema adaptativo automáticamente determinara la repartición de fases (Split) .

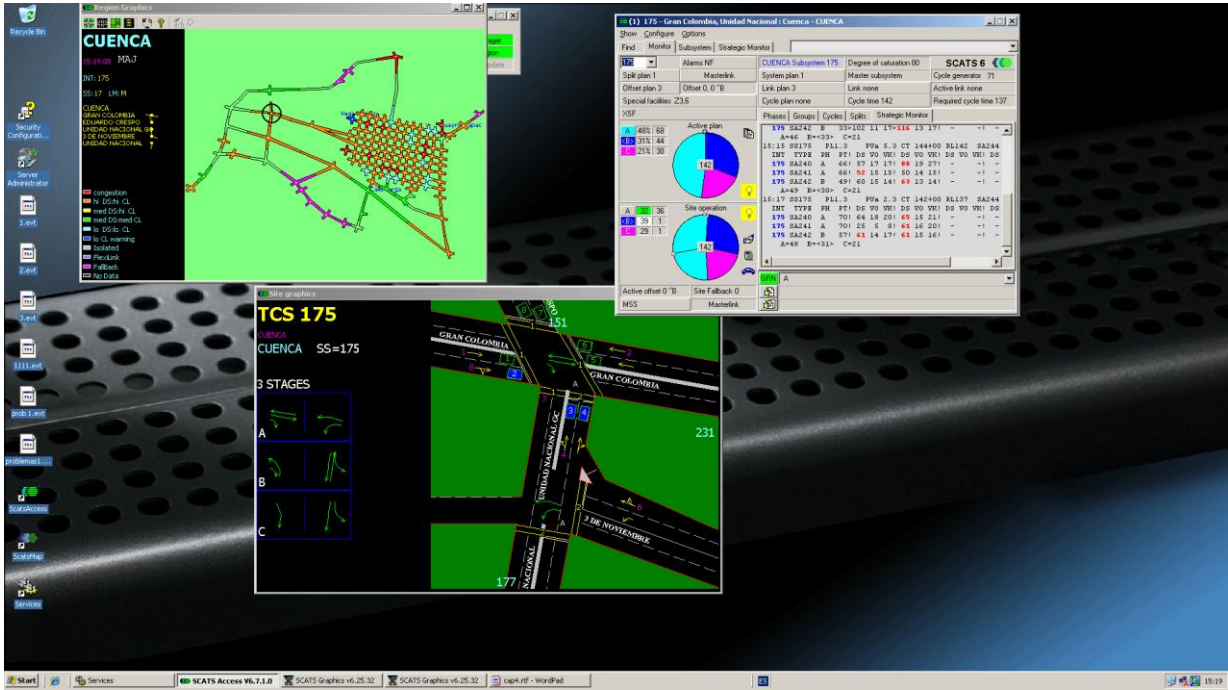


Figura 4.27, Reparto de Fases Semafóricas,
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

También determinara automáticamente el tiempo de ciclo para diferentes horas del día y el grado de saturación correspondiente que se tenía en el momento.

Los volúmenes de tráfico son determinados en cada ciclo, así como como el grado de saturación, dependiendo de los niveles de trafico los sistemas adaptativos automáticamente determinan la mejor repartición de verde, obviamente dicha repartición tiene una línea base que el ingeniero de trafico debe determinar previamente con el planeamiento correspondiente, posteriormente el sistema adaptativo realizara actuara en base de la presencia vehicular y de las circunstancias que se presenten es decir cierres de vía, obstáculos en la vía, detenciones imprevistas por parte del transporte publico, parqueo indebido en la vía, etc .

Situación importante a ser tomada en cuenta es referente a la determinación de los repartos de fases (Split), se debe ingresar un reparto base que resulta de nuestro planeamiento de trafico obviamente el sistema adaptativo de acuerdo a las condiciones de trafico que se presenten cambiara el mismo para las diferentes horas del día sin embargo es necesario el ingreso de este parámetro de trabajo de suscitarse fallas en la comunicación.

Las formas de trabajar una intersección adaptativa son definidas por el operador de trafico de acuerdo a diferentes circuntancias que se pueden presentar en el transcurso del día es asi que la mayoría de sistemas adaptativos pueden trabajar en forma aislada, con planes horarios, aislada pero centralizada, planes horarios pero centralizado. En estas dos ultimas maneras de operar se refiere a que suscitarse una falla en la

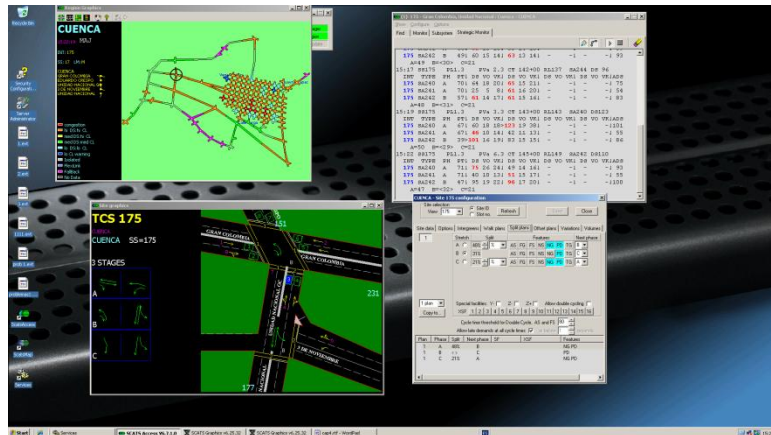


Figura 4.28: Configuración de Intersección adaptativa, planeamiento
Fuente: TYCO

de

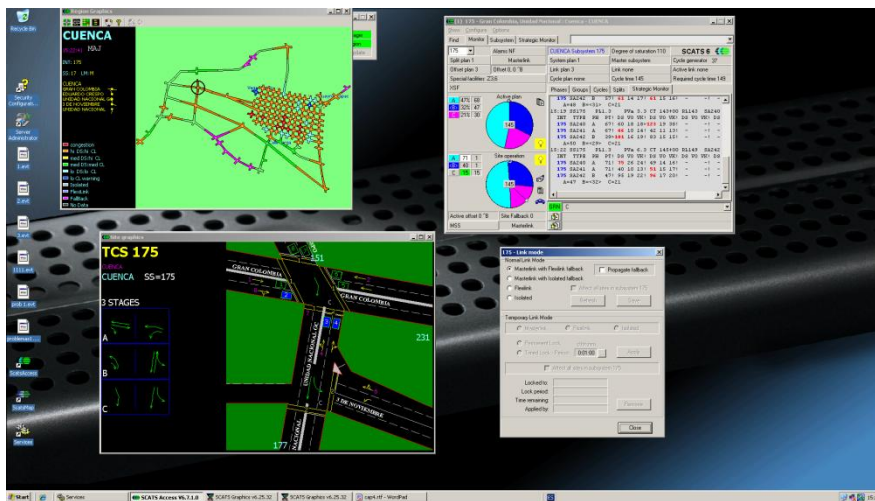


Figura 4.29: Configuración de Intersección adaptativa, formas de trabajo,
Fuente: TYCO

comunicación desde y hacia la central semafórica la intersección trabajara en forma aislada, y en el otro caso de darse una falla en la comunicación la intersección entra a trabajar mediante planes horarios.

Es importante definir este tipo de operación

de las intersecciones para obtener el mejor desempeño de las mismas, puede darse muchos de los casos que se pueden tener buenos planes

horarios que los ingenieros de trafico lo han desarrollado entonces los mismos pueden ser aprovechados para un mejor desempeño de los Sistemas de Semáforos cuando no exista comunicación.

En el planeamiento previo de una intersección que realiza los Ingenieros de Trafico se determina el ciclo máximo dicho valor debe ser ingresado en los Sistemas de Control de Tráfico, valores superiores al máximo ciclo se pueden dar cuando existe una sobresaturación que puede ser debido a imprevistos en el sistema vial como cierres de vía, manifestaciones, etc. Es en dichas situaciones que los Sistemas de Control de Trafico permiten el control manual de las intersecciones a fin de actuar en forma directa para poder resolver el problema dichas estrategias de control van desde adelantar el verde en forma manual, incrementar el tiempo de verde en forma manual, generar olas de verde que permitan liberar corredores viales, detener el tráfico de ingreso hacia una área ya sobresaturada. Siendo siempre necesario la intervención del operador de tráfico para el control y monitoreo de varias situaciones imprevistas que se pueden dar.

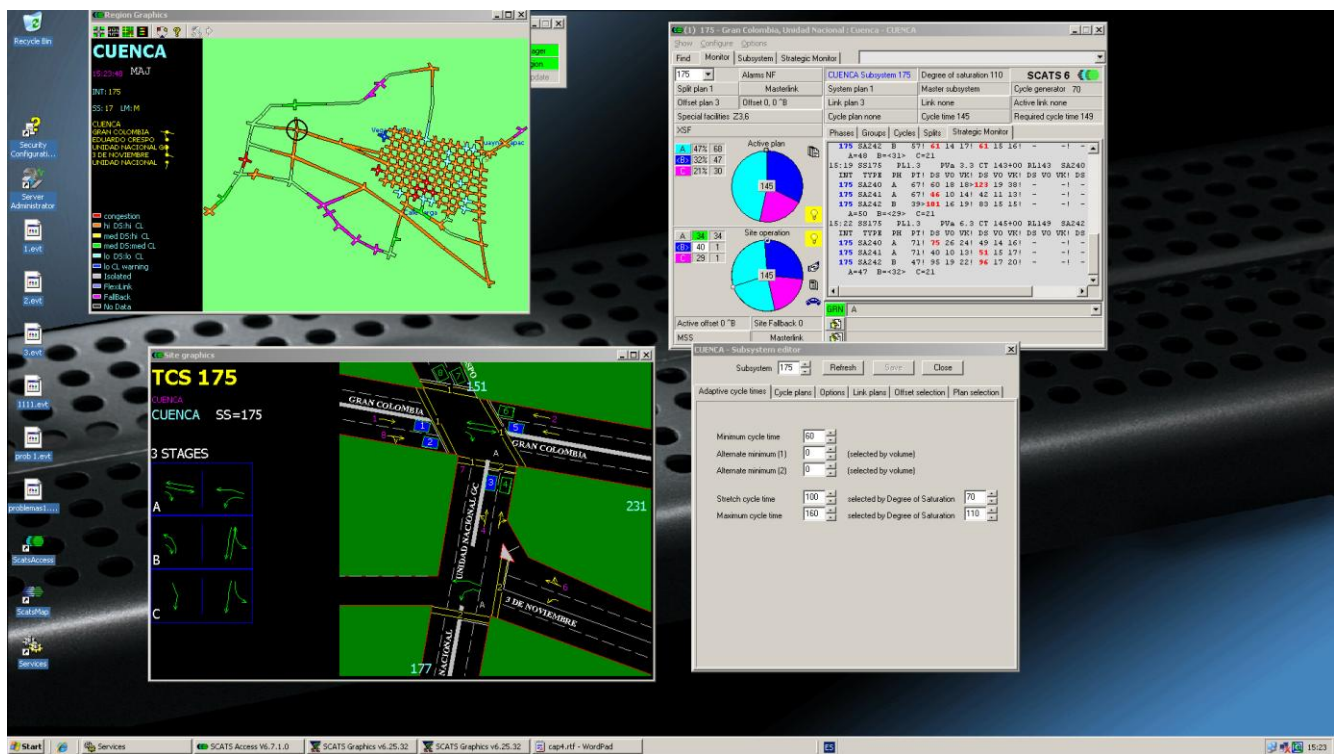


Figura 4.30: Ciclos máximos adaptativos
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

4.2.5 Coordinación Semafórica :

Otro punto de suma importancia en lo referente a sistemas adaptativos es la coordinación que se debe realizar entre las diferentes intersecciones, para ello dichos sistemas permiten realizar el casamiento directo entre varias intersecciones que conforman una

malla vial y que están centralizadas con el objetivo que no se pierda en ningún momento la coordinación de corredores semaforizados oh de redes semaforicas, en el caso que se presenta en la figura de a continuación

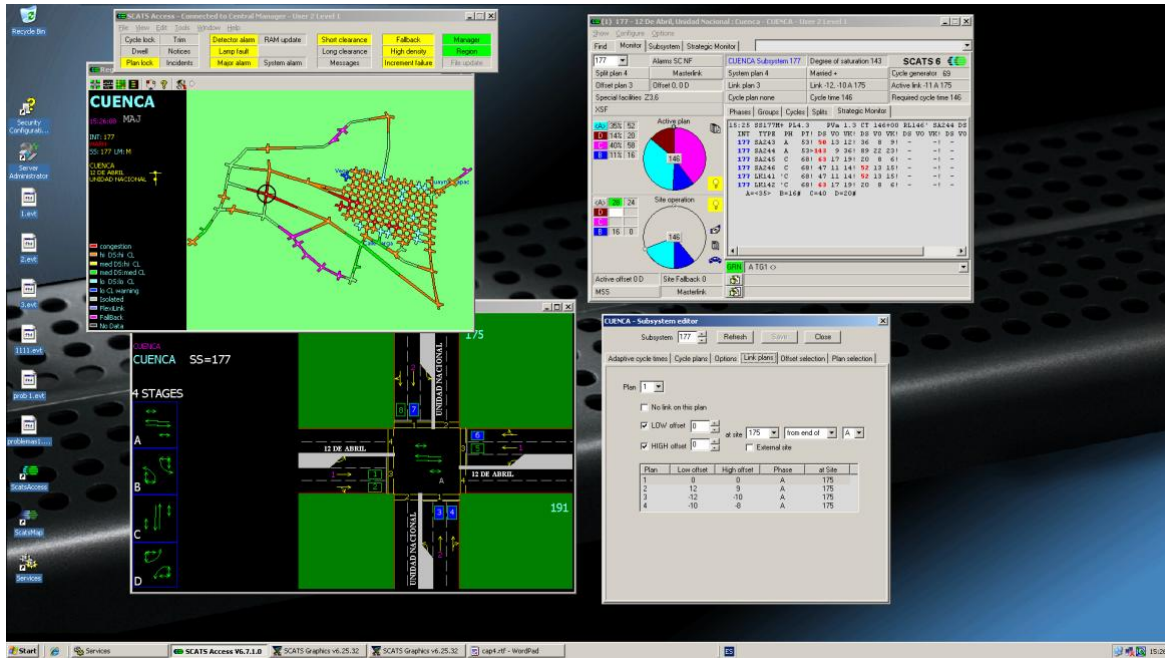


Figura 4.31: Coordinación Semaforica
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

La intersección 177 esta ligada con la 175 al final de la fase A, esto quiere decir que las dos funcionaran en forma coordinada en la siguiente fase que para este caso seria la B, mediante el desfaseamiento (offset) programado dependiendo de las condiciones de tráfico. En el caso concreto del sistema Sctas existe 4 planeamientos que son en condiciones de trafico: bajo, mediano, alto, sobresaturación. Mediante los cuales Sctas realiza las interpolaciones correspondientes a fin de conseguir que el grado de saturación se encuentre en condiciones aceptables. Este proceso se lo realiza en cada ciclo y determina el desfaseamiento mas adecuado. Lo que es importante definir también cuando deberá actuar cada plan adaptativo lo cual se realiza con la verificación de los ciclos semaforicos, es comúnmente conocido que los ciclos bajos deben ser de 40 seg. y los máximos lo que determine el calculo respectivo mediante la formula de wester, método hcm, oh utilizando software para el efecto como el SIDRA.

Para determinar adecuadamente la actuación del sistema adaptativo es necesario también determinar ciclo semafórico en condiciones mediano trafico es decir en la hora valle como se conoce comúnmente aplicando las mismas metodologías indicadas anteriormente. Con estos parámetros indicaremos en este caso al Sistema Sctas, cuando están las condiciones de trafico son bajas, medianas, altas y con sobresaturación, para que pueda determinar el mejor desfasamiento.

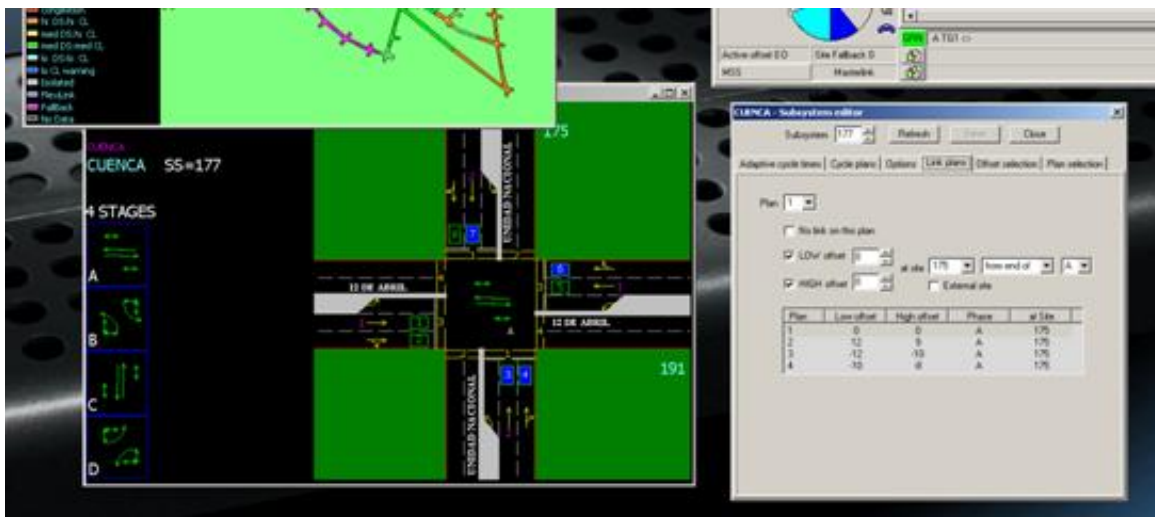
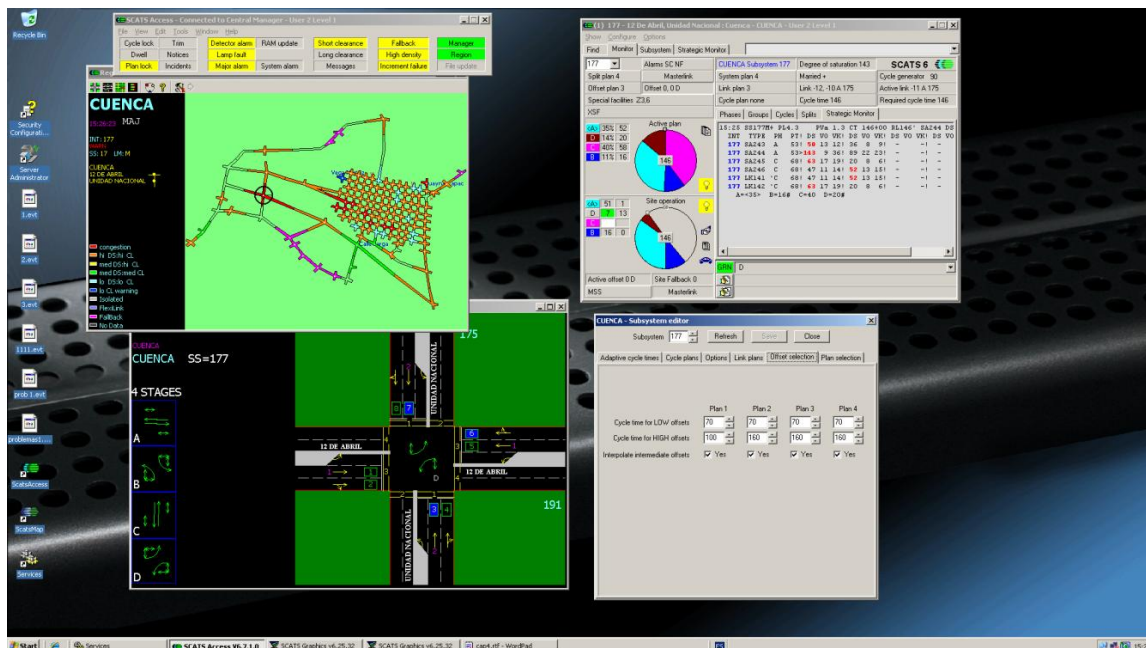


Figura 4.32: Planes Adaptativos
Fuente: TYCO
Elaboración: PROPIA

4.3 Gestión de tráfico:

La gestión tráfico ha adquirido con el tiempo una importancia en todo el mundo que hace prácticamente indispensable adoptar una política de compromisos por parte del gobierno que permita construir un proyectos dentro del campo del transporte. Podemos entonces citar el siguiente pensamiento referente a lo que es un compromiso para realizar un gestión de tráfico dado por la Comunidad Europea:

"Los atascos en el tráfico no son sólo irritantes, además tienen un alto coste para Europa en términos de productividad. Los embotellamientos y la falta de conexión en el tejido de infraestructuras; la falta de interoperabilidad entre modos y sistemas; la no comunicación entre circuitos de telecomunicación muy relacionados y dispersos. Las redes son las arterias del mercado único. Son los nervios de la competitividad y su mal funcionamiento se refleja en una pérdida de oportunidades para crear nuevos mercados y en consecuencia en un nivel de empleo por debajo de nuestro potencial"

En este ámbito es de vital importancia desarrollar actividades que permitan una adecuada gestión del tráfico. El desarrollo de estas actividades son retos importantes para el Ecuador, en términos tanto de eficiencia como de desarrollo de la industria y los servicios suministrados.

Siempre al plantear una política de transporte, los problemas que generalmente están presentes son:

- Seguridad para los peatones en los diferentes corredores viales.
- Problemas de estacionamiento debido al elevado número de vehículos.
- Las travesías o circunvalaciones urbanas: en las cuales se consideran el número de habitantes aquejados de atascos diarios.
- Unas cifras de mortalidad por accidentes que siempre se estiman por año.

Se puede citar que el proceso más importante en lo referente a Gestión de Tráfico se lo ha realizado desde finales de los años 70 mediante un importante proceso de investigación sobre los sistemas inteligentes de transporte en Estados Unidos y Japón, con los proyectos IVHS en el primero y VERTIS en el segundo, con el objetivo último de ganar a nivel mundial la competición por la venta e implantación de los sistemas inteligentes. Ambos se basan en un mercado nacional fuerte. Por el contrario, en Europa existía un retraso evidente, y cuando por fortuna se inició el desarrollo de las investigaciones en este sentido, pero entonces se vio que los objetivos no podrían ser cumplidos mientras se dieran tantos sistemas y el hecho de la convivencia de distintas culturas que no ayudaba a encontrar soluciones únicas. La solución a este concreto problema se puede tratar a través del establecimiento de una arquitectura de sistemas.

En la Gestión de Trafico es sumamente importante analizar a continuación en lo que consiste el sector de la telemática, que es el campo que más soluciones puede aportar a todos estos problemas.

” Telemática: Sector de la tecnología surgido por integración entre los campos de la telecomunicación y de la informática, que asocia a las posibilidades de comunicación ofrecidas por las redes de telecomunicación de todo tipo, la posibilidad de recogida, movimiento, elaboración y transformación de datos ofrecida por la informática ”.

La telemática, cuya afirmación se produjo a fines de los años setenta, surgió de la convergencia de distintos factores:

- a) Gran desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos, con multiplicidad de terminales de diversa naturaleza y una orientación cada vez mayor hacia la informática distribuida.
- b) Desarrollo de los sistemas de transmisión, en particular numéricos, capacidad y fiabilidad progresivamente mayores.
- c) Ampliación de las redes de telecomunicaciones especializadas e incremento de las facilidades de conexión, incluso para grandes distancias (transoceánicas).
- d) Incremento de la demanda de servicios de informática llevados a nivel del usuario, ya se trate de informaciones individuales o múltiples.

Por otro lado, todo sistema telemático podemos descomponerlo conceptualmente en varios niveles diferenciados, que son:

- a) Las **comunicaciones:** encargadas de posibilitar que la información sea transmitida de forma eficaz, rápida y segura.
- b) Los **equipos y tecnologías telemáticas:** son el entramado que da razón a la capa superior, los sistemas.
- c) Los **sistemas y servicios:** componen el núcleo funcional básico del conjunto, procesan la información recibida y generan los resultados finales en forma de servicio.
- d) Los **usuarios:** son los encargados de definir las necesidades funcionales y los requerimientos exigibles, tanto desde el punto de vista del diseño como de la calidad.

En resumen el objetivo de todo sistema de comunicaciones es conseguir que una determinada información vaya de la forma más eficiente posible desde su origen hasta su destino. Forman parte de la eficiencia general del sistema requisito como la velocidad, la capacidad, la seguridad y la sencillez.

Para lograr que toda esa información vaya eficientemente a su destino, las herramientas telemáticas más usadas son: las *redes* y los *servicios*.

4.3.1 REDES:

Se consideran tres grandes grupos de redes:

4.3.1.1. Redes de Telefonía:

La **red telefónica** constituye uno de los mayores vehículos de comunicación mundial. En un principio daba únicamente servicios de voz (telefonía); en la actualidad es una potente red digital que soporta también comunicaciones de datos y otros sofisticados servicios.

La **red inteligente** es una red superpuesta a la red básica que le aporta inteligencia y cuya función es aumentar la capacidad de la red.

La **red móvil** ha surgido al consolidarse el desarrollo de la tecnología que ha hecho posible la constitución de las redes celulares.

4.3.1.2. Redes de Datos:

Abarca un área de características perfectamente diferenciadas, la de comunicaciones de datos, surgida de la necesidad de interconectar ordenadores, terminales y equipos informáticos en general. La conexión de dos equipos terminales de datos mediante un par de módems, a través de la red telefónica básica, proporciona escasa calidad de transmisión y pequeño ancho de banda. Surgieron así las redes de conmutación de circuitos y, sobre todo, **las redes de conmutación de paquetes**, cuya oferta de servicios es mejor.

Como alternativa a estos servicios, los operadores públicos ofrecen desde siempre circuitos alquilados punto a punto para aquellas aplicaciones informáticas que requieran mayor fiabilidad o recursos en exclusiva (Sistemas Semafóricos). La industria informática ha desarrollado sus propias soluciones para las redes privadas: arquitecturas propietarias de interconexión de sistemas informáticos, así como redes de área local y redes de área metropolitana.

4.3.1.3. Redes Integradas:

Tradicionalmente el objetivo de las redes de telecomunicaciones públicas ha sido el de dotar de servicio de voz (teléfono). El continuo incremento de los ordenadores, especialmente los de índole personal, y la proliferación de terminales de usuario ha creado una gran demanda para los servicios de datos digitales. En el campo de los negocios y de oficina, existe una creciente necesidad de ampliación de los medios informáticos, como el correo electrónico y la transferencia de archivos entre empresas. También existen necesidades desde la videoconferencia hasta la distribución del proceso de transacción.

La Red Digital de Servicios Integrados, RDSI, es una red mundial de telecomunicaciones pública que presta sus servicios cubriendo una amplia gama de necesidades del usuario. La RDSI se basa en la estandarización de las interfaces de usuario, estando constituida como un conjunto de procesos de enrutamiento digital que soportan una amplia gama de tipos de tráfico, ofreciendo servicios de valor añadido. En la práctica habrá múltiples RDSI dentro de las fronteras nacionales, pero desde el punto de vista del usuario solamente existirá una única y accesible red mundial de comunicaciones.

El impacto de la RDSI tanto para el usuario como para el proveedor será notable. Para controlar este impacto y su evolución, se está haciendo un gran esfuerzo en cuanto a su estandarización. Aunque las normas definitivas de la RDSI aún no se han publicado, se ha entendido bastante bien tanto la tecnología como su futura implantación. En este sentido, la RDSI es el soporte ideal para el paradigma de las comunicaciones del siglo XXI: Internet.

4.3.2 Servicios:

Podemos clasificarlos en:

4.3.2.1. Servicios Fijos:

Intercambio Electrónico de Datos (EDI), se define como un intercambio de datos con formato normalizado entre los sistemas informáticos de los participantes en transacciones comerciales. Cubre las necesidades de una empresa en cuanto a relaciones comerciales, transporte, aduana, seguros y fabricación. La información se transmite, se introduce y se trata de una forma perfectamente estructurada, lo que permite la simplificación de los trámites y la optimización de los recursos, a la vez que aumentan la velocidad y la agilidad de los procesos administrativos.

Transferencia Electrónica de Fondos (comercio electrónico), es un sistema especialmente dedicado a las operaciones de pago, tanto para operaciones de débito, transferencia de fondos o compensación bancaria en el acto, como para operaciones de crédito. Utilizan este servicio: los cajeros automáticos y las terminales de punto de venta.

Otros servicios telemáticos de tipo público además de los hasta aquí analizados, son: el fax, el correo electrónico y el acceso a base de datos. Era importante indicar este punto pues son los medios que se utilizan para manejar los pagos en un sistema de transporte público.

4.3.2.2. Servicios Móviles:

Hay una gran diversidad de oferta y aplicaciones:

Radiomensajería (Paging): Servicio de avisos que da una atención sobre la existencia de una llamada para el usuario, proveyendo una limitada movilidad de éste, en cuanto a independizarle de una conexión a la red fija de telecomunicaciones. Es un servicio cuyas frecuencias utilizadas permiten una gran penetrabilidad en edificio o locales cerrados.

Telefonía Celular: Servicio que ofrece comunicaciones bidireccionales, generalmente telefónicas y en menor escala de datos, de y hacia un terminal móvil. La estructura de la red, con estaciones de base de cobertura limitada (células), que permite la reutilización de frecuencias entre células no adyacentes, exige una técnica compleja para mantener la comunicación al cambiar de célula o de red. Se ha promovido el desarrollo de un estándar

europeo que, además de integrar todos los mercados, facilita la movilidad del usuario por toda Europa: GSM.

Concentración de enlaces (trunking): Debido a la escasez, cada vez mayor, de canales de RF para el servicio móvil, se están utilizando ya en sistemas más avanzados, técnicas de multiacceso basadas en la compartición de frecuencias, denominadas concentración de enlaces (trunking), sobre todo en aplicaciones con un elevado número de terminales.

Red de comunicaciones personales (PCN): Es el servicio de comunicaciones soñado, en el cual es usuario recibe los datos servidos de la red fija, con plena movilidad y según un número personal, independiente del terminal y de su localización. Este servicio para su implantación necesitaría una fuerte inversión por parte de los proveedores del servicio.

Servicios móviles por satélite (MSS): Con la ventaja de una gran cobertura. Existen servicios para redes móviles de tipo privado, basados en el uso de satélites geoestacionarios así como de estaciones de base terrestre. Los sistemas de radiolocalización por satélite permiten la localización de un terminal móvil, en tanto está en operación. Los hay de tipo pasivo, en el que el terminal se autolocaliza con las señales recibidas (como el GPS), y de tipo activo, en los cuales el terminal emite una señal al sistema de satélites para su radiolocalización.

Sistemas de mensajería por radio (RDS): Es un servicio del tipo de mensajería, que utiliza subportadoras de las bandas de difusión de FM para enviar información a terminales móviles. Su utilización para servicios de carácter social (seguridad, etc.) puede abrirle también importantes perspectivas de futuro.

Finalmente cabe destacar en este punto la enorme revolución que está representando **INTERNET**, cuyas posibilidades de uso son tan amplias como inexploradas hasta el momento.

4.3.3 Procesos de Información:

Entre los aspectos que hay que tener en cuenta cuando se habla de la optimización de la gestión de tráfico con medios telemáticos, no cabe duda, que el eje central sobre el que gira el desarrollo de todas las tecnologías y aplicaciones telemáticas es la información y, lo que es más importante, su tratamiento.

En general todo sistema para la **obtención de datos** dinámicos del tráfico tiene un objetivo elemental, que es la detección de presencia de cada vehículo y la obtención de los parámetros de su comportamiento individual para, posteriormente, en función del sistema de gestión de que se trate, poder integrarlos con los datos de otros vehículos o tratarlos de forma independiente. La captación usa los siguientes sistemas:

Medios Manuales: tales como agentes de policía, personal de servicio, personal especializado y los propios usuarios.

Medios Automáticos: como pueden ser detectores, sensores, analizadores, procesadores de imagen, terminales especializados y distintos equipos instalados en la vía o en el propio vehículo.

Los equipos utilizados para la obtención de datos dinámicos se pueden clasificar en tres familias:

- a) Los capaces de medir las variables que directamente representan el funcionamiento del tráfico y el transporte, de forma macroscópica.
- b) Los capaces de obtener datos inherentes a cada vehículo, cuyo contenido debe ser tratado de forma individual ya que no son representativos del comportamiento general.
- c) Los dedicados a la obtención de datos relacionados con las circunstancias que afectan al entorno.

El tratamiento se subdivide en:

- a) **Preproceso de datos:** los datos son transmitidos al centro de control de la información donde sufren un proceso de filtrado, depuración y compactación.
- b) **Proceso de la información:**

- Obtención de los parámetros.
- Evaluación de datos primarios
- Proceso algorítmico y/o inferencial.
- Elaboración del mensaje.
- Validación/confirmación
- Codificación

- c) **Gestión del mensaje:**

- Actualización
- Priorización
- Monitorización
- Transmisión

Sin embargo, el objetivo básico de todo el sistema es **la difusión de la información**, la cual se puede llevar a cabo:

Antes del viaje: mediante métodos convencionales, Internet, teléfono y EDI.

Durante el viaje: a través de medios estadísticos, medios dinámicos fuera del vehículo (semáforos, señales variables y paneles gráficos) y medios dinámicos a bordo del vehículo (radio(RDS-TMC), paging, telefonía celular,...).

4.3.4 Aplicaciones Telemáticas para la gestión de tráfico

4.3.4.1. Tráfico urbano

La gestión del tráfico urbano ha sido el punto de partida de los sistemas telemáticos aplicables al campo del transporte (es decir, los ITS). Ello es perfectamente explicable, ya que es en este contexto donde los sistemas de gestión integrada, empleando este tipo de herramientas, se pusieron en funcionamiento antes que en ningún otro sitio. Esto es lógico, puesto que las características de los entramados viales y la enorme concentración de actividades que se dan en los centros de las ciudades, propiciaron en ellos la aparición de los primeros problemas serios debidos a la congestión del tráfico.

4.3.4.2 Centralizaciones Semafóricas:

Los elementos que componen este tipo de sistemas son: un conjunto de detectores, los controladores locales de semáforos y señales variables, un sistema de comunicaciones y un centro de control

Existen numerosos sistemas para el **control centralizado del tráfico**, cada uno diseñado de acuerdo con unos principios más o menos genéricos y luego adaptados a las características de cada instalación particular. Los más antiguos se basaron en el cálculo de parámetros de forma "off-line", utilizando modelos de simulación. Actualmente se usan sistemas capaces de calcular dichos parámetros de forma "on-line" y de tomar, por lo tanto, decisiones en tiempo real. Los más que hemos tratado en los capítulos anteriores son:

El sistema británico **SCOOT** (Split, Cycle time and Offset Optimization Technique), cuyo objetivo fundamental es la minimización de las demoras totales –suma global de tiempos de espera debidos a la presencia de semáforos- a lo largo de toda la red. La toma de datos se hace en tiempo real, utilizando un número de detectores muy elevado y comunicaciones cada segundo. Sin embargo, la toma de decisiones se lleva a cabo aproximadamente cada medio ciclo.

El **SCATS** australiano tiene un planteamiento funcional que se basa en la generación de planes completos, utilizando detectores implantados de forma estratégica en lugares intensivos. Los planes se envían a toda una zona cuyas interrelaciones funcionales se tienen en cuenta para los cálculos algorítmicos

Los **sistemas convencionales** que se utilizan en Europa –por ejemplo **MOT**, Multialgorithmic Optimization Technique-, así como la mayoría de los países – Alemania, USA-, son generalmente diseñados conjuntamente por las autoridades y las empresas que los explotan e instalan. La tendencia más común es la de utilizar algoritmos y lógica cercanos a los planteamientos SCATS.

En los últimos años se han desarrollado nuevos algoritmos basados en los recientes avances de la **programación matemática**, para conseguir reducir los períodos de integración y adaptarse a la situación real con mayor precisión. En este sentido nació en USA la familia **OPAC-ROPAC**, cuyo último descendiente es el sistema español **CARS**

(Control Autoadaptativo de Redes Semaforizadas), basado en una optimización autoadaptativa con horizonte temporal variable, el cual está siendo validado actualmente utilizando las más avanzadas herramientas de simulación para, posteriormente, ser probado en la realidad.

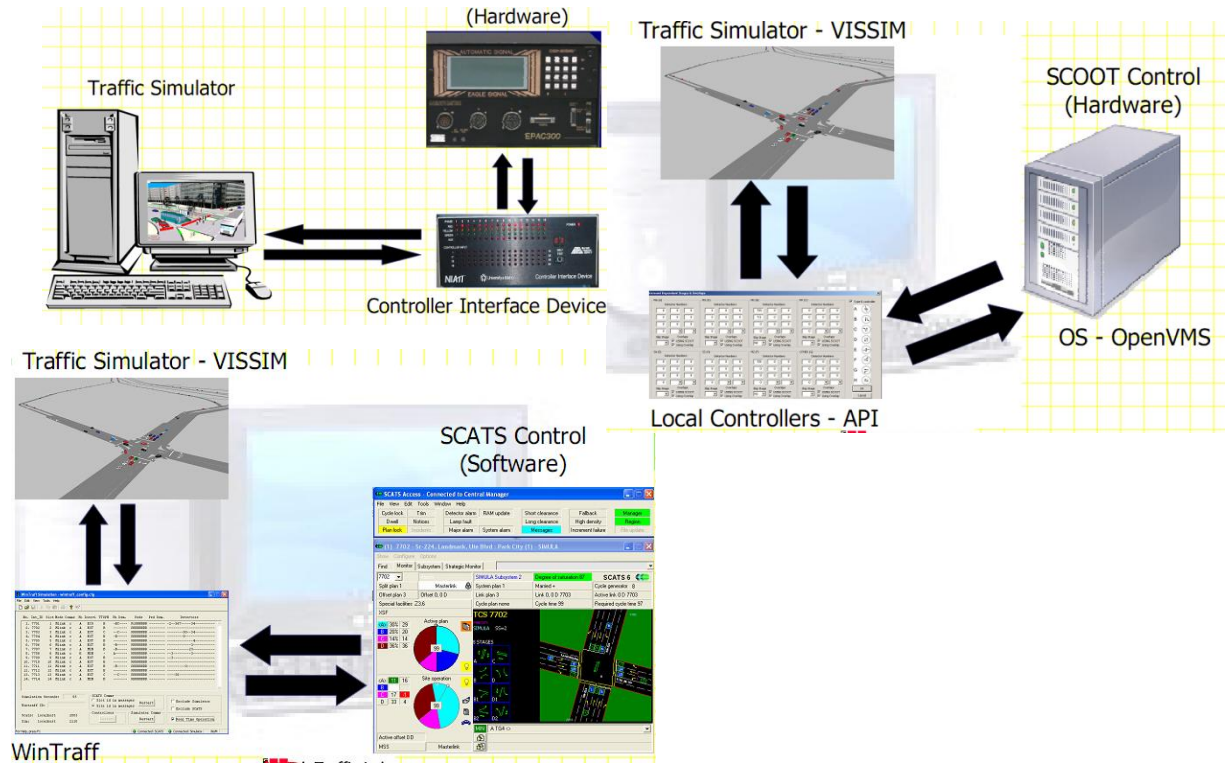


Figura 4.33: Modelamiento en tiempo real mediante Sistema Scatas y Scoot.
Fuente: TYCO, SIEMENS
Elaboración: PROPIA

Cabe señalar que se han llevado a cabo distintos intentos para aplicar la inteligencia artificial –**sistemas expertos**- en este terreno, tanto a nivel local como centralizado, pero, por el momento, los resultados están muy lejos de ser satisfactorias, debido fundamentalmente al hecho de que no es posible trabajar adecuadamente en tiempo real con lógica heurística al nivel de detalle que exige el moderno control de tráfico. Sin embargo, si se obtienen resultados suficientemente válidos cuando se utilizan de forma generalista, es decir, para la ayuda en la toma de decisiones a nivel estratégico, que son las que siempre tienen que tomar los operadores y los responsables de los centros de control, puesto que este tipo de inferencia se adapta bien a los procesos de reconocimiento de situaciones macroscópicas.

Todos los sistemas de control de tráfico incorporan **cámaras de TV (Ciudad de Cuenca)**, las cuales ayudan a los operadores en su toma de decisiones de forma valiosísima. También se usan, cada vez con mayor profusión, para proporcionar información generalista acerca del estado del trafico a los medios de información de

masas, apareciendo en algunas ciudades la figura de un encargado de coordinar la información del estado del tráfico sirviendo de enlace con los medios de comunicación.

4.3.4.3 Guiado e información al conductor:

A pesar de las mejoras que se pueden ir introduciendo en los sistemas para el control dinámico del tráfico analizados en el punto anterior, es evidente que los problemas generados por la congestión urbana no terminan en este punto. En primer lugar hay que recordar algo que no por muy conocido está bien resuelto: los coches deben ser estacionados, tanto en origen como en destino, para lo que hace falta disponer de suficiente espacio y de un mínimo de facilidades para llegar a él. Lo primero es un problema de política urbanística, sobre la que, en este contexto, solamente cabe un comentario: si se decide dar plena libertad para circular, hay que dar la misma libertad para estacionar. Es decir, hay que proporcionar oportunidades, bien sobre la calzada, bien fuera de ella, pero dentro de una orden racional y equilibradamente establecida. Por el contrario, si se decide restringir alguna libertad, hay que facilitar otras alternativas válidas al usuario para compensar este recorte como por ejemplo mediante un transporte público efectivo o creando estacionamientos disuasorios con servicios de alta calidad.

En cuanto a las facilidades para llegar y utilizar los estacionamientos, desde hace bastantes años se han diseñado y puesto en marcha sistemas para informar al usuario acerca de este tema, los cuales cubren dos actividades que se realizan de forma simultánea: la indicación de la ubicación física de los estacionamientos y la información referente a la disponibilidad de plazas libres. Los sistemas de **guiado a parkings** se componen, por lo tanto, de los siguientes elementos: un sistema de captación de datos referentes al nivel de ocupación de las plazas, un sistema de comunicaciones, un centro de control con lógica de decisión bastante sencilla y un conjunto de señales variable instaladas en lugares con gran confluencia de itinerarios.

Otro tipo de señalización, relacionada con la orientación del conductor, es la que consiste en el envío de información referente a la recomendación de itinerarios o la indicación de niveles de congestión de ejes importantes (Caso de la ciudad de Cuenca).

Por su parte teniendo un tema más avanzado los **sistemas de guiado automático a bordo** del vehículo constan de los siguientes elementos:

1. Un **conjunto de detectores**, capaces de medir la distancia recorrida (odómetro) y de dar en tiempo real el rumbo del vehículo (giroscopio).
2. Un **ordenador de a bordo**, que concentra toda la información y suministra indicaciones al conductor acerca de las maniobras que debe realizar para llegar de forma óptima a su destino. Lo hace con la ayuda de un pequeño display gráfico con un sintetizador de voz incorporado.
3. Un **sistema de comunicaciones bidireccional** para el intercambio de información con el centro de control. Una de las posibilidades de esta comunicación es mediante el teléfono celular (red GSM).

4. Un **centro de control**, donde se calculan y se actualizan los itinerarios óptimos dentro del gráfico viario, en función de datos, tanto convencionales como obtenidos a partir de los propios vehículos.

Para finalizar cabe mencionar otras aplicaciones:

1. **Control de cruce inteligente y autónomo:** el sistema ajusta la velocidad del vehículo para mantener una distancia segura con el vehículo precedente.
2. **Apoyo al mantenimiento del carril:** proporciona una determinada presión sobre el volante para ayudar a mantener el vehículo dentro del carril.
3. **Aviso de colisión:** avisa al conductor de obstáculos laterales o detrás del vehículo.
4. **Aviso para evitar colisión:** detecta obstáculos y acciona automáticamente la dirección y los frenos para evitar la colisión.
5. **Mejora de visibilidad:** estos sistemas utilizan una cámara de infrarrojos y presentan una mejor visión en un display frontal.
6. **Monitorización del conductor/vehículo:** estos sistemas monitorizan el control del vehículo por el conductor y avisan cuando su prestación baja de cierto nivel.
7. **Conducción automática integrada:** se trata de la integración de varios sistemas –AICC, mantenimiento de carril, control de velocidad, evitación de la colisión -, lo que supondría minimizar la intervención del conductor.

4.3.4.4. Transporte colectivo:

El tercer gran aspecto que hay que tener en consideración, cuando se trata de resolver problemas relacionados con el tráfico urbano, es el concerniente al transporte colectivo, cuya necesidad no se justifica solamente por la demanda social, consistente en poner al alcance de toda la población medios que faciliten su movilidad, sino porque cada vez es más generalizada la urgencia de poner en marcha políticas restrictivas al tráfico privado, que circula indiscriminadamente por los centros históricos de nuestras urbes y que provoca problemas como la congestión, la degradación paisajista, contaminación del medio ambiente,....

La única solución para evitar un uso masivo del vehículo privado está en garantizar la movilidad mediante un transporte público de calidad

Precisamente para ello se ha concebido el **SAE. (Sistema para la Ayuda a la Explotación del transporte colectivo)**, que es una herramienta telemática concebida para alcanzar el cumplimiento efectivo de todos los aspectos que tienen relación directa con la explotación de una red de transporte público, tanto urbano como de ámbito metropolitano.

La introducción de los SAE también va destinada a la conservación de los centros históricos (Caso de Cuenca y Quito).

Resumiendo los objetivos de un SAE son:

- Incremento de la calidad de servicio por la vía de:
- Mejora de la regularidad.
- Mayor adaptabilidad de la oferta a la demanda.
- Mayor información "on-line" al cliente.
- Presencia de una red multimodal de transporte bajo un esquema de integración tarifaria.
- Todo ello orientado al incremento de la demanda real, a través de un esquema de oferta más competitivo.
- Decremento de los costes de explotación y de las inversiones necesarias, por optimización de la oferta de servicio:
- Menos autobuses necesarios para un mismo nivel de oferta.
- Menos conductores, por tanto.
- Mayor eficiencia de la estructura de Gestión de Tráfico:
- Menos recursos humanos necesarios.
- Mayor fiabilidad en la toma de decisiones.
- Flexibilidad y transparencia.
- Mejor control técnico de la flota:
- Menor número de averías.
- Menor número de accidentes.
- Menor impacto negativo medioambiental.
- Mayor seguridad de los clientes y conductores.

4.3.4.5. Monética:

Se entiende como monética la posibilidad de pagar un servicio utilizando un billete previamente adquirido, se pretende con esto hacer más atractivos los transportes públicos a los ciudadanos.

En el caso del transporte público, lo que se pretende mediante la utilización es facilitar al máximo el pago de la tarifa. Además de esto, gracias a los últimos dispositivos electrónicos (como la **tarjeta inteligente**), se añaden también servicios como la realización de transbordos y la posibilidad de realizar transporte intermodal (poder pasar de autobús a metro), repartiendo equitativamente los ingresos entre los distintos operadores.

El operador de servicio, mediante una adecuada recopilación de la información que proporcionan los nuevos medios de pagos, es capaz de gestionar de una manera mucho más eficiente su sistema de transporte, permitiéndole reforzar rutas con altas tasas de ocupación, variar otras, etc. Todo esto conlleva a una adecuada gestión de tráfico

4.3.6. Gestión medioambiental:

Hay cuatro grandes áreas relacionadas con el entorno medioambiental del tránsito en las que las nuevas tecnologías telemáticas pueden aportar herramientas para mejorar el

funcionamiento general de todo el conjunto. La arquitectura tecnológica de los correspondientes sistemas es similar a los antes descritos. En el centro de control se verifica el correcto funcionamiento de la instalación y se generan las alarmas en el momento en que se sobrepasan determinados umbrales considerados inaceptables. Las tres áreas temáticas son:

1.- El alumbrado público, cuyo control centralizado consigue, por un lado, una mejora considerable en las condiciones generales de funcionamiento de la instalación y su mantenimiento, y por otro, un ahorro energético muy importante (da órdenes de encendido/apagado en el momento en que es realmente necesario).

2.- La contaminación atmosférica, producida por componentes procedentes de emisiones provenientes del tráfico, las calefacciones y las industrias.

3.- Las condiciones meteorológicas, representan un peligro aspectos como pueden ser: el punto de rocío, presencia de hielo en la calzada, niebla, estas consideraciones son importantes tomar en cuenta en un área importante del tránsito como es la señalización vial, muchas de las veces encontramos al personal de señalización realizando tareas en condiciones adversas de humedad y lluvia, situaciones que siempre van en desmejorar el trabajo que se ejecuta.

Los parámetros físicos de los vehículos, su control está justificado por razones estructurales del entorno. Este es el caso de las limitaciones del galibo o del peso por eje de los vehículos, para cuya detección se utilizan respectivamente sensores ópticos y piezoeléctricos, situación muy importante a ser tomada en cuenta en temas de seguridad vial.

4.4 Aplicación a un caso real, en la ciudad de Cuenca

El siguiente caso práctico fue realizado en la ciudad de Cuenca, los parámetros del estudio son una guía de referencia cuando se deba abordar este tipo de problemática de gestión de tráfico, para este caso la eliminación de parqueo tarifado que permitió mejorar los niveles de servicio de varios corredores del área central de la ciudad, y en los cuales se utilizó la información generada desde la Central de semaforización, el Sistema de Cámaras de Tránsito CCTV, es decir toda la telemática que se provisionó a la ciudad para determinar una solución a un problema actual.

Se debe hacer comprender a los que toman decisiones de la importancia de realizar dichas acciones generalmente los políticos no son técnicos, así que siempre los informes deben ser desarrollados en un lenguaje que sea comprendido por todas las personas, caso contrario si la persona política tiene dudas no tomara ninguna acción.

El esquema desarrollado fue el siguiente:

4.4.1 Antecedentes con Criterio Técnico y abordando los problemas que se ven a diario

En la problemática del tránsito de la ciudad de Cuenca, el objetivo de la ingeniería de transporte es entender su dinámica y actuar sobre el **sistema de transporte**, resumido en la siguiente figura (Modelo de Manheim):

Dinámica del Sistema de Transporte Urbano.

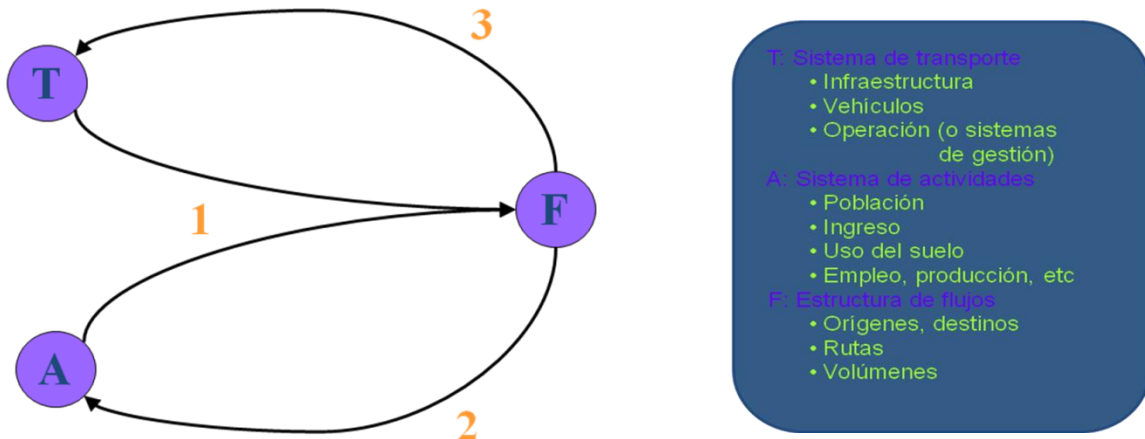


Figura 4.34: Modelo de Manheim
Elaboración: PROPIA

Para una mejor comprensión de estos tres elementos en forma macroscópica el sistema de transporte representa la oferta de transporte que tiene la ciudad y el patrón de flujos su demanda, para satisfacer el sistema de actividades que ofrece la ciudad de Cuenca.

Las relaciones entre las diferentes sistemas y la estructura de flujo en el tiempo se detalla en la siguiente figura:

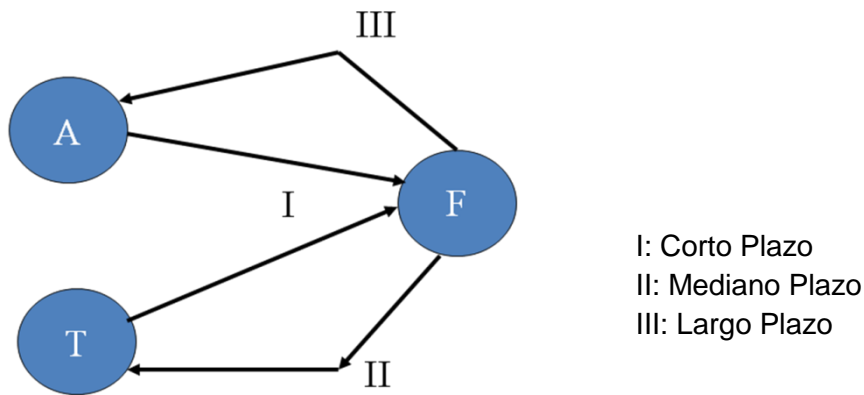


Figura 4.35: Estructura de flujo de tiempo
Elaboración: PROPIA

Para solucionar los problemas de tráfico de una ciudad se debe comprender el esquema de funcionamiento de la misma, pues en Ingeniería de Transportes el tráfico es la derivada de una función principal de movilizarse (se debe hacer entender al lector que los problemas de tráfico generalmente resultan de malas planificaciones pasadas) situación que está dada por la planificación de la ciudad (la cual es dinámica y cambiante en el tiempo), lo cual se evidencia en el transporte de los diferentes medios como son: bus, auto, caminando, bicicleta.

Para entender la funcionalidad de la ciudad de Cuenca, se ha realizado el análisis de la zona de conflicto en donde se reporta un alto congestionamiento, y que a continuación se detalla:

Análisis del Desequilibrio Uso de Suelo – Sistema de Transporte

Es necesario en primera instancia conocer los factores que intervienen en la problemática del tráfico de la ciudad de Cuenca y que se enuncian a continuación y que han sido monitoreados a través del Sistema Semafórico.

1. Factores que intervienen en el problema del tránsito del Centro de la Ciudad de Cuenca:

1.1 Diferente tipos de vehículos en la misma vialidad

- a. Diferentes dimensiones, velocidades y características de aceleración que provocan congestión
- b. Automóviles diversos con diferentes rangos de estilo de conducción
- c. Camiones medianos con mercadería, de baja velocidad.

1.2 Superposición del tránsito motorizado en vías inadecuadas

- a. Vías como las calles céntricas de la ciudad de Cuenca que no han evolucionado, a los cambios del tránsito de la ciudad. Se requiere mayor capacidad vial, el tránsito de hace 2 años no es lo mismo que el tránsito actual, cuando existe una tasa de crecimiento del parque automotor actual de 12,5%, y hace 3 años atrás era del 5% .

1.3 Falta de planificación en el tránsito

- a. Existe ordenanzas y leyes que establecen claramente los horarios de carga y descarga de mercaderías, pero simplemente los propietarios y choferes, no desean acatar dichas disposiciones.
- b. Existe una previsión casi nula para estacionamiento por parte de los propietarios y dueños de locales, cuando por leyes y ordenanzas son los dueños de los locales los que deben prever dicho equipamiento.

4.4.2 Definir el área de estudio:

Si en verdad todas las ciudades tienen problemas de diferente característica, para determinar si el análisis realizado y la solución planteada dieron resultado es necesario establecer un área de intervención, se debe cambiar los criterios de dar soluciones puntuales que solamente trasladan problemas a otros lugares y tomar siempre áreas de estudio.

Área de Estudio:

La zona de estudio está comprendida entre las calles: Tarqui – Lamar – Huayna Capac – Calle Larga en la que se ha realizado el levantamiento de la siguientes información:

Uso del espacio público: la zona en estudio es el centro político-administrativo-económico-judicial de la ciudad de Cuenca. En la figura 4.35, se indica el equipamiento que tiene el área en estudio

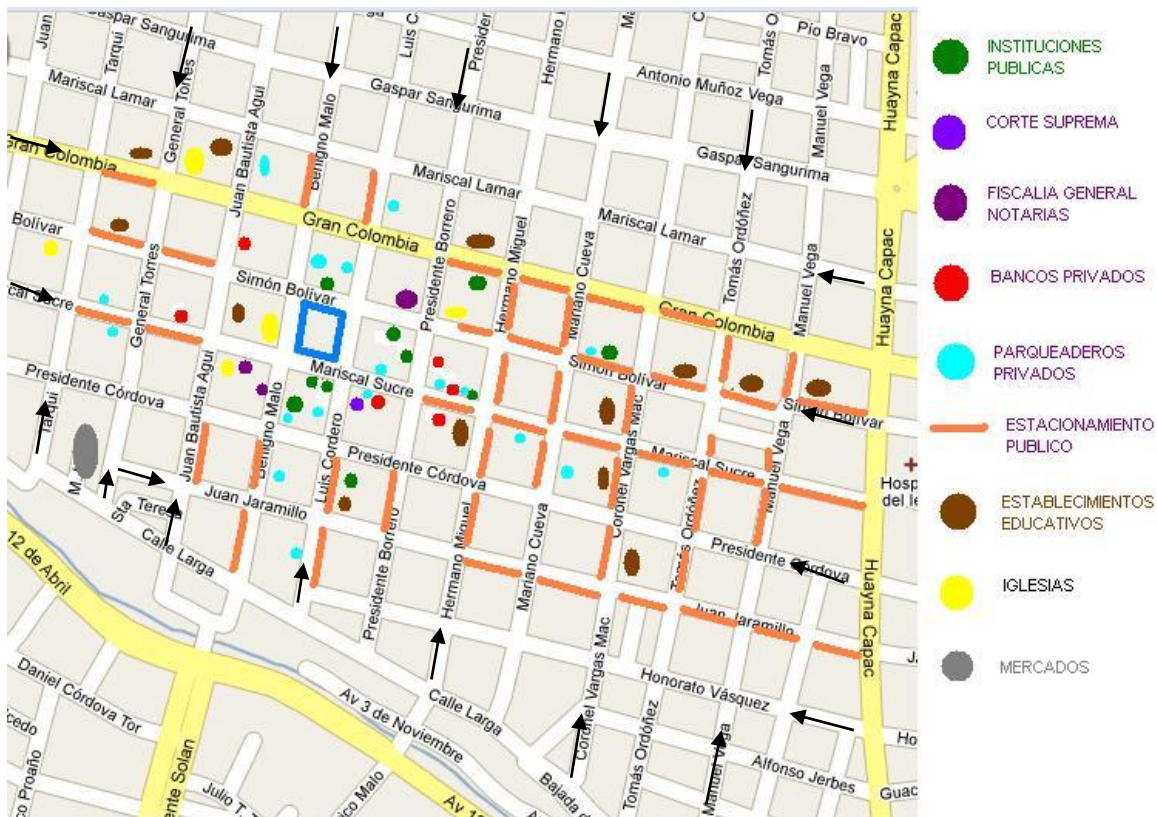


Figura 4.36: Uso de espacio público
Elaboración: PROPIA

Existe:

1 edificio de 4 pisos para la Corte Suprema de Justicia que maneja todo el sistema judicial del Azuay ubicado en la calle Sucre y Benigno Malo, no posee parqueaderos propio.

1 edificio de 4 pisos para la Fiscalía General que se encarga de todos los procesos judiciales del Azuay ubicado en la calle Antonio Borrero y Simón Bolívar, no posee parqueaderos propios.

2 edificios el uno de 8 pisos y el otro 6 pisos para el Municipio de Cuenca que administra la ciudad de Cuenca ubicados en la calle Mariscal Sucre - Luis Cordero y Antonio Borrero - Simón Bolívar, poseen parqueaderos propios, es utilizado solo por vehículos que laboran en la institución.

1 edificio de 8 pisos de la Empresa de Agua Potable – Alcantarillado y Telecomunicaciones de la ciudad de Cuenca (ETAPA), no posee parqueaderos propios.

1 edificio de 8 pisos para la Prefectura Provincial que administra la Provincia del Azuay ubicado en la calle Simón Bolívar y Vargas Machuca, posee parqueaderos propios, es utilizado solo por vehículos que laboran en la institución.

6 bancos privados con una infraestructura cada uno de 4 pisos a excepción del banco del Austro que tiene 6 pisos, ubicados en la calle Mariscal Sucre desde la General Torres hasta la Hermano Miguel a excepción del Banco Produbanco ubicado en la Padre Aguirre y Gran Colombia, no poseen parqueaderos propios.

12 Establecimientos educativos de enseñanza primaria y secundaria como se indica en la figura 1, no poseen parqueaderos propios, ubicados principalmente en la Hermano Miguel y Sucre, Hermano Miguel y Gran Colombia.

2 edificios de 4 pisos para la Universidad (Universidad Católica de Cuenca) ubicados en las calles Vargas Machuca y Presidente Córdova el un edificio y el otro en la Simón Bolívar y Vargas Machuca, no poseen parqueos propios.

5 Iglesias ubicadas como se indica en la Figura 4.35, y que son el atractivo para el recorrido de turistas que visitan la ciudad, no poseen parqueadero propio

Las actividades, que generan, en su mayor número son itinerantes, de paso ó no permanentes, de ahí que generen más volumen de desplazamientos superior con relación a la población permanente. Las normas u ordenanzas vigentes establecen un área de

parqueo para diferentes servicios que realiza un local o edificio en base de los metros cuadrados de construcción, situación que no se cumple en la gran parte del área de estudio como se determino en la información anteriormente descrita, generando un desequilibrio entre el uso de suelo y el sistema vial.

4.4.2 Definir estadística de tráfico del área de estudio:

Estado Actual de Tráfico: En promedio las vías de la zona en estudio, presentan los siguientes volúmenes de trafico por hora:

CALLES	TRAFICO PROMEDIO	TRAFICO HORA PICO
Presidente Córdova	1019 veh/h.	1156 veh/h.
Mariscal Sucre	502 veh/h.	652 veh/h.
Calle Larga	600 veh/h.	833 veh/h.
Calle Juan Jaramillo	600 veh/h.	651 veh/h.
Calle Tarqui	620 veh/h.	880 veh/h.
Calle General Torres	370 veh/h.	503 veh/h.
Calle Padre Aguirre	326 veh/h.	448 veh/h.
Calle Benigno Malo	682 veh/h.	778 veh/h.
Calle Luis Cordero	509 veh/h.	539 veh/h.
Calle Antonio Borrero	602 veh/h.	628 veh/h.
Calle Hermano Miguel	300 veh/h.	481 veh/h
Av. Huayna Cápac	2000 veh/h	3000 veh/h.

Cuadro 4.5, Definir el estado actual de trafico por hora
Elaboración: PROPIA

Se tiene que realizar un recordatorio del tráfico que se evaluó al inicio del proyecto y que se resume en el siguiente cuadro, y que fue tomado en septiembre del año 2008, en las horas pico

CALLES	TRAFICO HORA PICO AÑO 2008	INCREMENTO DE TRAFICO EN COMPARACION AL TRAFICO ACTUAL EN LA HORA PICO.
Presidente Córdova	820veh/h.	41%
Mariscal Sucre	576veh/h.	13%
Calle Larga	700veh/h.	19%
Calle Juan Jaramillo	741veh/h.	-12%
Calle Tarqui	562 veh/h.	57%
Calle General Torres	317 veh/h.	59%
Calle Padre Aguirre	307 veh/h.	46%
Calle Benigno Malo	539 veh/h.	44%
Calle Luis Cordero	330 veh/h.	63%
Calle Antonio Borrero	350 veh/h.	79%
Calle Hermano Miguel	340 veh/h	41%

Cuadro 4.6: Definir parámetros de crecimiento
Elaboración: PROPIA

Desde el año 2008 al 2012 la ciudad de Cuenca ha experimentado un crecimiento desmesurado de su parque automotor teniendo una tasa de motorización de 12,5 % anual, eso debido a las facilidades para poder adquirir un vehículo. Lamentablemente las vías en el centro de la ciudad ya no van a poder crecer en ancho, Originándose por este motivo otro desequilibrio entre el uso de suelo y el sistema vial.

El tráfico promedio diario anual que soporta las vías en el año 2011 (cuadro 4.7) fue de:

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 2011

CALLES	TOTAL	COMPOSICION		
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
Presidente Cordova	15285	14123	1134	28
Mariscal Sucre	7530	7440	90	
Calle Larga	12000	11364	620	16
Juan Jaramillo	9000	8703	288	
Tarqui	13200	12225	975	
General Torres	7245	7238		7
Padre Aguirre	5895	5883		12
Benigno Malo	10230	10186		44
Luis Cordero	7635	7635		
Antonio Borrero	9030	9016		14
Hermano Miguel	4500	4500		
Bolívar	8235	8235		
Huayna Capac	50435	46602	3742	91

Cuadro 4.7: Definir el trafico promedio diario anual actual
Elaboración: PROPIA

El tráfico promedio diario anual que soporta las vías en el año 2012 (cuadro 4.8) es:

TRAFICO PROMEDIO DIARIO ANUAL 2012

CALLES	TOTAL	COMPOSICION		
		LIVIANOS	BUSES	CAMIONES
Presidente Cordova	16573	15313	1230	30
Mariscal Sucre	8284	8185	99	
Calle Larga	11253	10657	581	15
Juan Jaramillo	9255	8950	305	
Tarqui	13315	12331	984	
General Torres	6129	6123		6
Padre Aguirre	7205	7191		14
Benigno Malo	11829	11778		51
Luis Cordero	7925	7925		
Antonio Borrero	8905	8892		13
Hermano Miguel	5389	5389		
Bolívar	8976	8976		
Huayna Capac	51628	47704	3831	93

Cuadro 4.8: Definir el trafico promedio diario anual proyectado
Elaboración: PROPIA

existe un incremento de volúmenes de tráfico en las vías del centro de la ciudad, eso significa que en las horas de mayor tráfico, anteriormente en promedio existía 21 veh/min en los primeros meses del año 2010 existe 23 veh/min, esto traducido a la vía son 10 metros más de ocupación por carril por cada minuto del día.

Facilidades de Transito

Con el proyecto de semaforización implementado en la ciudad de Cuenca se ha tenido mejoras como son mayor velocidad de circulación, menor tiempo de viaje en diferentes ejes viales, pero debido al crecimiento del parque automotor que experimenta la ciudad de Cuenca, como se indica en el cuadro 1 y 2. Esto ha ocasionado que más vehículos privados ingresen al área central de la ciudad y lidien por un área de parqueo,



Figura 4.37: Uso de espacio publico
Elaboración: PROPIA



Figura 4.38: Uso de espacio publico
Elaboración: PROPIA



Figura 4.39: Uso de espacio público, salida y entrada de parqueo publico genera colas de tráfico y congestión
Elaboración: PROPIA



Figura 4.40: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Elaboración: PROPIA

del monitoreo realizado a través de las cámaras de circuito cerrado del centro de control de tráfico se ha determinado que existe constantes detenciones por maniobras para

ingreso y salida vehículos en las diferentes zonas de parqueo público como privado, detenciones momentáneas para subir y bajar pasajeros, niveles de velocidad bajos que los usuarios de la vía realizan a propósito para esperar la salida de algún familiar que realiza algún tipo de trámite lo que origina que se pierda tiempo de luz verde para la circulación .

A continuación se ha analiza el desequilibrio entre el uso de suelo y el sistema de vialidad existente en el centro de la ciudad de Cuenca

4.4.2 Determinar puntos de conflicto entre el equipamiento urbano y el sistema vial:

Desequilibrio del sistema uso de suelo-sistema vial:

Las actividades que se realizan en el centro histórico como es la administración pública, sistema de justicia, centros educativos, turismo, locales comerciales. no está de acuerdo con la infraestructura vial debido a que se tiene anchos de vía de tan solo 3,5 m para la circulación y con estacionamiento publico a un costado, no existe un verdadera rotatividad en el sistema de parqueo, la planificación de los parqueaderos privados no es funcional con respecto a la vía pública (un solo carril que sirve de entrada y salida), el equipamiento público y privado no cuenta en gran manera con estacionamientos propios, todo esto origina demoras, tiempos de viaje largos y congestión en la red vial del centro de la ciudad de Cuenca.

A continuación se analiza las causas del problema en los tramos de mayor desequilibrio entre el uso de suelo y el sistema de transporte:



Figura 4.41: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión, Calle Hermano Miguel, sección de vía de 3,5 m libre para circulación. Parqueos con un promedio de 1 hora y media de ocupación.

Elaboración: PROPIA

Causas del desequilibrio uso de suelo-transporte:



De toda la zona de estudio prioriza su importancia los ejes viales de las calles Sucre, Hermano Miguel, Bolívar y Gran Colombia en el análisis por lo siguiente: las notarias públicas, corte suprema de justicia, municipio de cuenca, bancos privados (8), centros educativos (4), centro de atención del INNFA, Seguro Social, Mercado 9 de Octubre, todos estos servicios en menos de 300m de longitud como se muestra en la

Figura 4.42: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Elaboración: PROPIA

figura 1, es precisamente este sector el que genera la mayor atracción de viajes hacia estos ejes viales y el centro histórico en general, que además se ve agravado por tener un equipamiento de tipo comercial en todo su trayecto conflictuando aun más el problema de tráfico, en resumen existe un equipamiento de servicios en un área pequeña que no va de acuerdo al sistema vial, pues se tiene anchos de vía de 3.5 m, demasiados estacionamientos públicos que provocan demoras en la línea de circulación, estacionamientos privados no funcionales con la vía pública.

Para determinar las soluciones se ha realizado el siguiente levantamiento de información referente a los parqueos:

Espacios de Parqueo en las calles: Sucre, Bolívar, Hermano Miguel, Gran Colombia
: Se ha analizado las áreas de parqueo público y privado existentes, el levantamiento de la información da como resultado lo siguiente:

Parqueo Privado:

En la calle Sucre entre la calle Tarqui y General Torres: 2 parqueaderos privados con una capacidad de: Parqueadero Anita: 20 plazas
Sol parking: 30 plazas

En la calle Sucre entre la Luis Cordero y Antonio Borrero: 2 parqueaderos privados con una capacidad de:
Parqueadero privado V. Cámara: 27 plazas
Parqueadero Banco del Austro: 30 plazas

En la calle Sucre entre la Antonio Borrero y Hermano Miguel: 2 parqueaderos privados con una capacidad de:
Parqueadero Edificio Bolívar privado: 12 plazas
Parqueadero 6-30: 53 plazas

En la calle Sucre entre la Hermano Miguel y Mariano Cueva: 1 parqueadero privado con una capacidad de 18 plazas
En la calle Sucre entre la Vargas Machuca y Tomas Ordoñez: 2 parqueadero privado con una capacidad de
Parqueadero Carpio: 33 plazas
Parqueadero Manuel Lucero: 18 plazas

En la calle Hermano Miguel entre la Gran Colombia y Lamar: 1 parqueadero privado con una capacidad de 15 plazas.
En la calle Gran Colombia entre Hermano Miguel y Mariano Cueva: 1 parqueadero privado con una capacidad de 15 plazas.
En la calle Gran Colombia entre Mariano Cueva y Vargas Machuca: 1 parqueadero privado con una capacidad de 53 plazas.

Parqueo Público:

En la calle Sucre: todas las cuadras desde la Tarqui hasta la Huayna Cápac existe un promedio de 14 plazas de parqueo a excepción de las cuadras de entre la Padre Aguirre hasta la Luis Cordero en la cual no es permitido el estacionamiento, dando un total de 112 plazas.

En la calle Hermano Miguel: existe un total de 112 plazas de estacionamiento.

En la calle Bolivar: existe un total de 112 plazas de estacionamiento.

En la calle Gran Colombia: existe un total de 84 plazas de estacionamiento.

Del análisis de las áreas de parqueo se ha determinado que los mismos no están correctamente planificados tanto en su ubicación como en su funcionamiento, teniendo elevados grados de saturación en las vías circundantes a los mismos y generando áreas de conflicto que ha continuación se describen:

Áreas de Conflicto:

De todo el trayecto de la calle Sucre solo en las cuadras comprendidas entre la Luis Cordero y la Hermano Miguel se concentra tres bancos privados uno de ellos posee parqueadero pero el mismo no cumple un servicio para los clientes del banco y es mas usado para estacionamiento de los empleados. Los otros dos bancos no tienen áreas de estacionamiento propia lo que contradice las ordenanzas vigentes sobre el equipamiento que debe darse por este tipo de servicio, incluso uno de los bancos (banco de Guayaquil) realizaba el embarque y desembarque de bienes en una zona reservada que esta próxima a la intersección lo que genera siempre conflictos y demoras en todo el trayecto de la calle Sucre por las maniobras que tiene que realizar para estacionarse el vehículo de seguridad.

Igualmente en el todo el eje de la calle Sucre, seis de los ocho parqueaderos privados tienen un solo acceso que sirve de entrada y salida, generando conflictos al momento de realizar las maniobras que se traduce en la vía pública como congestión en los puntos de ingreso y salida de estos parqueaderos que afecta a todo el trayecto de la calle Sucre (velocidades de viaje bajos, colas de tráfico, demoras), bajando de esta manera el nivel de servicio de la vía.

La calle Bolívar tiene en todo su recorrido una serie de conflictos ocasionados por el estacionamiento en la vía pública lo cual ocasiona longitudes de cola y demoras, se debe recordar que si un vehículo se para por 10 seg., por cualquier motivo, el mismo ocasiona que el siguiente vehículo llegue a ese punto en 15 seg, y el siguiente en 20 seg, es decir se puede gastar todo el tiempo de verde de una coordinación solo en esperar que los vehículos se estacionen. Lo que produce longitudes de cola atípicas que pueden ocasionar grados de saturación muy elevados.

La calle Hermano Miguel, tiene un problema similar a la calle Bolívar referente a las detenciones por estacionamiento público agravado por el constante giro desde la Bolívar hacia la Hermano Miguel lo que ocasionaba que dicho eje vial en el tramo desde la Bolívar hasta la calle Mariscal Lamar este saturado.

El área de estacionamiento público está saturada por no existir una verdadera rotatividad que democratice el espacio público, pues debido al poder adquisitivo que tienen los usuarios es fácil pagar un dólar por más de 1 hora de parqueo, esto ocasiona que las plazas de parqueo estén siempre llenas, se ha monitoreado que en vías como la calle Sucre, Benigno Malo, Hermano Miguel y Bolívar los vehículos permanecen parqueados 1 hora y media en promedio, lo que ocasiona que otros vehículos que necesitan parquear estén circunvalando las cuadras hasta encontrar alguna plaza de estacionamiento (de 28 plazas de parqueo que existían en la calle Benigno Malo entre la calle Presidente Córdova y la calle Larga, 17 están ocupadas por 1 hora, y de las cuales 14 por dos horas. En la calle Hermano Miguel entre la calle Bolívar y Gran Colombia de un total de 13 plazas que había las 9 plazas permanecen ocupadas por 45 min. y de las cuales 5 plazas permanecen por 1 hora y 3 por más de dos horas).

Efectos del desequilibrio uso de suelo-sistema vial:

Niveles de Servicio:

Se ha determinado un nivel de servicio tipo F de las intersecciones semaforizadas y con un grado de saturación de 1,5, en el área comprendida entre las calles: Sucre, Mariano Cueva, Lamar y Antonio Borrero, lo que nos da niveles de congestiones que originan demoras innecesarias, y tiempos de recorrido de hasta 25 min para poder circular uno de los ejes viales, teniendo longitudes de cola de hasta 500 m,



Figura 4.43: Uso de espacio público, áreas de parqueo generan demoras y congestión
Elaboración: PROPIA

El sector de la calle Sucre entre las calles Antonio Borrero y Hermano Miguel presenta niveles de saturación elevados, que provoca que todo el eje vial se congestione debido a que se posee un solo carril para poder circular, y en este mismo carril se realizan todas las maniobras para estacionamiento en el parqueo público, tiempos de espera de clientes de bancos (detenciones en el tráfico), tiempos de espera para salida y entrada de vehículos de los diferentes parqueaderos privados (se ha cuantificado hasta un 1 min en este tipo de maniobras), todo esto provoca que se pierda tiempo necesario con la luz verde de los semáforos.

El sector de la calle Hermano Miguel entre las calles Bolívar y Mariscal Lamar presenta igualmente niveles de saturación elevados, que provoca que todo el eje vial se congestione debido a que se posee un solo carril para poder circular, y en este mismo carril se realizan todas las maniobras para estacionamiento en el parqueo público, tiempos de espera de clientes (detenciones en el tráfico), tiempos de espera para salida y entrada de vehículos de los diferentes plazas de parqueo públicas (se ha cuantificado

hasta un 1,2 min en este tipo de maniobras, que provoca longitudes de cola), ocasionando que se pierda tiempo necesario para la circulación, con el efecto negativo que es la congestión.

De todo el trayecto de la calle Gran Colombia la cuadra que presentaba el mayor grado de saturación es la comprendida entre la Hermano Miguel y Antonio Borrero por el equipamiento que se presenta como es el Instituto de Seguridad Social, que provocaba constantes detenciones de vehículos en espera de familiares que salgan realizando alguna gestión (uso indebido del espacio público). Igualmente al ser la calle Gran Colombia uno de los ejes más importantes para la salida del centro histórico, como se puede apreciar en el siguiente grafico, esto originaba que en su desembocadura en la arteria principal como es la Huayna Capac no exista la suficiente capacidad vial para poder albergar a tanto automotor que utiliza este importante corredor de la ciudad, agravado aun mas por todo el parqueo que tiene en la parte final del corredor que provocaba detenciones, longitudes de cola y demoras originando el efecto de congestión.

Igualmente uno de los importantes ejes viales de acceso hacia el Centro Histórico es la calle Antonio Borrero por ser un colector de viajes desde la Héroes de Verde loma hasta la calle Larga y que pasa por el centro, teniendo una demanda de viajes considerable el mismo se complicaba en su ingreso por los parqueos existentes que ocasionan incluso la descoordinación de los semáforos por las constantes detenciones que se provocaban y que no permitía la detección adecuada de los volúmenes de tráfico.

4.4.2 Presentar soluciones a los problemas presentados:

La presentación de las soluciones debe ser en un lengua sencillo, se debe siempre tener presente que la gran mayoría de autoridades no son técnicos en la materia de transito y transporte, el hablar de conceptos de trafico para muchos de ellos les resulta desconocido e incluso pueden llegar a desconocer soluciones muy buenas solo por ese motivo, y llegar a acoger planteamientos que no presenten una solución pero es dominado por su entendimiento, es ahí donde los ingenieros de transito y transporte deben tener el arte de la persuasión y dar a explicar su técnica de la manera mas sencilla posible, para que mucho de los proyectos que se planifican sean ejecutados.

Soluciones planteadas para resolver el problema de movilidad en el centro de la ciudad de Cuenca.

La solución para resolver el problema de movilidad de alrededor de 70 000 veh./diarios que ingresan al sector del centro histórico es el aprovechamiento máximo de las condiciones existentes, con la aplicación máxima en cuanto a la regulación funcional del tránsito, a través de disciplina y educación por parte del usuario, que incluye la aplicación de la legislación y reglamentos y la eliminación de parqueos. De no darse este tipo de soluciones lamentablemente tendremos una ciudad congestionada que va

influir en su economía, en la parte comercial no interesaría a ningún ciudadano entrar en una área de alto conflicto en donde los tiempos de viaje sean superiores de 30 min, solo para recorrer 500 o 600 metros. Debiendo siempre entenderse que el objetivo general de un sistema semafórico es contribuir a obtener una movilidad sostenible en base de un Sistema Integrado de Transporte siendo componente del mismo, pues contribuye a la operación y es parte de los SAE como se ve en el capítulo 5.

De todo el trayecto que tiene la calle Sucre la cuadra que presentaba el mayor grado de saturación es la comprendida entre las calles Antonio Borrero y Hermano Miguel por el tipo de servicio público y privado que se proporciona (bancos, municipio, INNFA, Corte Suprema), lo que origina una gran demanda de viajes hacia este punto, por lo que fue necesario eliminar de manera definitiva el parqueo público de esta cuadra para ampliar su capacidad vial de 502 veh/h a 1004 veh/h y tener un mejor nivel de servicio de toda la calle Sucre y las demás vías adyacentes como son las calles Luis Cordero, Antonio Borrero, Benigno Malo y Padre Aguirre.

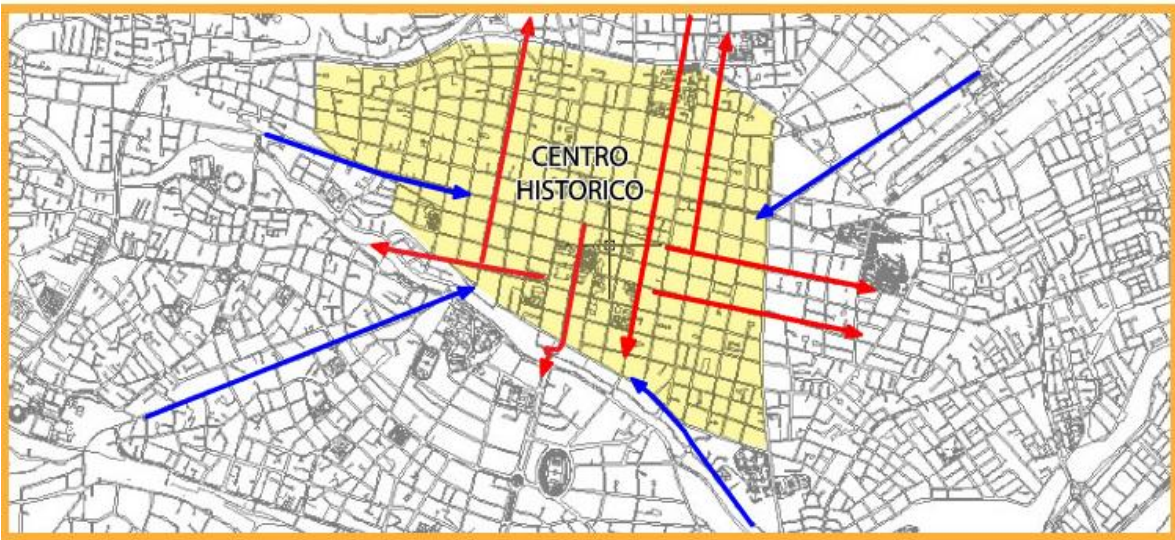


Figura 4.44: Esquema de prioridad de salida del tráfico vehicular
Elaboración: PROPIA

En el trayecto que tiene la calle Hermano Miguel, las cuadras que presentaban un mayor grado de saturación es la comprendida entre las calles Bolívar y Mariscal Lamar por el tipo de servicio público y privado que se proporciona, lo que origina una gran demanda de viajes hacia este punto, por lo que fue necesario eliminar el parqueo público de estas cuadras de manera definitiva para ampliar su capacidad vial de 481 veh/h a 1000 veh/h y tener un mejor nivel de servicio de toda la calle Hermano Miguel y la vía adyacente como es la calle Bolívar con un promedio de 9000 vehículos diarios que ingresan por esta calle.

En el trayecto de la calle Borrero se eliminó de manera definitiva el parqueo tarifado desde la calle Sangurima hasta la calle Presidente Córdova. Con el objetivo de poder contar con un eje vial en el sentido norte – sur que facilite la circulación y disminuya los tiempos de viaje de alrededor de 19200 vehículos diarios que tratan de acceder hacia el centro de la ciudad en este sentido, y se ven complicados con las maniobras de parqueo que realicen los usuarios de las vías. Se ha contabilizado hasta 25 min solo en recorrer 600 metros, con la mejora se disminuyó el tiempo de recorrido a 9 min.

En el tramo de la calle Gran Colombia fue necesario la eliminación del parqueo de su desembocadura en la Av. Huayna Capac, para mejorar la capacidad vial y poder generar una mejor salida del centro de la ciudad que beneficia a un promedio de 10 500 vehículos diarios que recorren este eje vial. Además se eliminó el parqueo en la cuadra comprendida entre las calles Antonio Borrero y Hermano Miguel por presentar un grado de saturación que alcanza hasta el 1.3, superior a niveles normales y que es provocado por las constantes detenciones.

Se ha eliminado la aguja en la intersección de las calles Juan Jaramillo y General Torres con el propósito de tener otra salida hacia la calle Larga debido a que el tráfico que circula por la calle Sucre en un 20% gira hacia la Benigno Malo que es la única salida del centro histórico. Generando esta salida los vehículos que tienen como destino la calle Larga no necesitarán ingresar al centro de la ciudad para tomar la calle Benigno Malo y acceder a la calle Larga, de esta manera se tendría 2 vías de desfogue hacia la calle Larga, se deberá mantener la eliminación del parqueo en la calle Benigno Malo necesario por el incremento acelerado del parque automotor y por ser la Calle Benigno Malo desde la calle Sucre hasta la Calle Larga, la única vía de salida del centro histórico hacia la parte baja de la ciudad.

A veces las personas comentan que implementar un Sistema Semafórico es la solución para todos los problemas pero es más bien todo lo contrario es el comienzo de todo un Sistema de Gerenciamiento de Tráfico, lo importante de todo eso es que las autoridades que antes desconocían el problema que siempre estaba en manos de Policía Nacional se involucran más en el tema es prácticamente generalizado para los planificadores de las ciudades pensar que el otorgar un permiso de funcionamiento para cualquier actividad comercial no significaba ningún impacto a la red vial que más bien esos problemas sean resueltos por la parte competente. Como punto importante se puede concluir que en todas las actividades de planificación de una ciudad debe estar presente siempre la ingeniería

de transporte para evaluar los impactos que originaria los nuevos equipamientos, situación que debe ser planteada como norma u ordenanza.

CAPITULO 5:

DETERMINAR LAS DIFERENTES TÉCNICAS DE PRIORIDAD A UN SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO MEDIANTE UN SISTEMA ADAPTATIVO SEMAFÓRICO.

5.1 Sistemas de prioridad mediante detección

La inserción de un sistema de transporte en las ciudades supone un nuevo flujo dentro de la circulación. La implantación de un sistema de Prioridad Semafórica basada en detección presenta los siguientes objetivos:

- a) Minimizar la afección derivada de la inserción de un sistema de transporte público al tráfico rodado y de peatones.
- b) Incrementar la velocidad comercial de los sistemas de transporte publico
- c) Garantizar la regularidad del servicio
- d) Garantizar la seguridad en los cruces para bus troncal, tranvía, tráfico rodado y peatones

Para ello, el sistema de Prioridad Semafórica basado en detección permitirá las siguientes funcionalidades:

- ✓ **Prioridad de paso del sistema de transporte público frente al resto de vehículos** en cada uno de los cruces atravesados, minimizando la afección sobre el tráfico.
- ✓ **Monitorización de la preferencia del transporte público**, pudiendo visualizar en tiempo real la situación de los detectores y reguladores asociados al paso del sistema de transporte público. Esta aplicación permite la creación de informes y estadísticas para el control y la mejora de la explotación.
- ✓ **Fiabilidad ante fallos**, de forma que si uno de los detectores de la señalización semafórica y no se activa con el paso del transporte público, el sistema dispone de la lógica necesaria para desencadenar la prioridad del sistema en el cruce con el mínimo retardo posible.

Objetivo → Detectar la aproximación del sistema de transporte público a un cruce y solicitar al regulador de cruce la petición de paso del transporte público.

Forma de Implementación → Se deberán instalar detectores del sistema de transporte público a una distancia entre ellos tal que permita que, a la velocidad media de recorrido del sistema, exista tiempo que sea suficiente para que el regulador de tráfico pueda darle paso libre cuando éste llegue a las inmediaciones del cruce

5.1.1 Sistema de Detección

Instalación de detectores en la plataforma:

- ✓ **Detector de Aproximación:** Se coloca a una distancia determinada **antes del cruce** (aprox. 200 metros) para detectar la llegada de la unidad de transporte al cruce e iniciar la transición de ciclos semafóricos a la fase exclusiva que permitirá su paso por dicho cruce.
- ✓ **Detector de Presencia:** Situado en las inmediaciones del cruce correspondiente y tiene la funcionalidad de confirmar al regulador de cruce la llegada de la unidad de transporte al cruce afectado, con lo que a partir de este momento se asegura que la fase exclusiva (en la que se le permite atravesar el cruce) dura al menos el tiempo de paso adecuado.
- ✓ **Detector de Rearme:** Ubicado a una distancia aproximada de 10 metros después del cruce. Mediante este detector se verifica que la unidad de transporte ha abandonado el cruce y se cierra por completo la fase exclusiva para el sistema de transporte público.

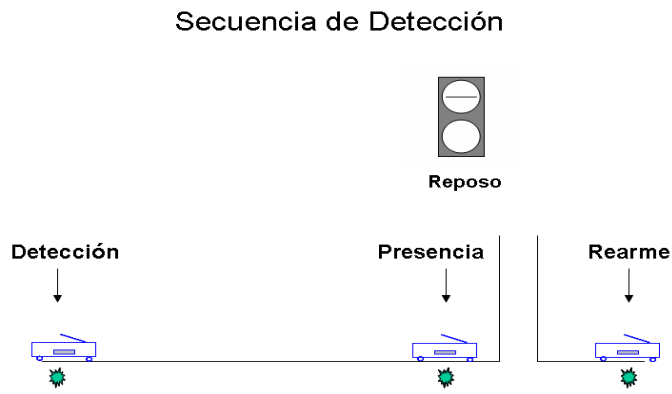


Figura 5.1: Secuencia de Detección
Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
Elaboración: PROPIA

5.1.2 Tipos de detectores

Los detectores de paso de un sistema de transporte masivo pueden ser de dos tecnologías

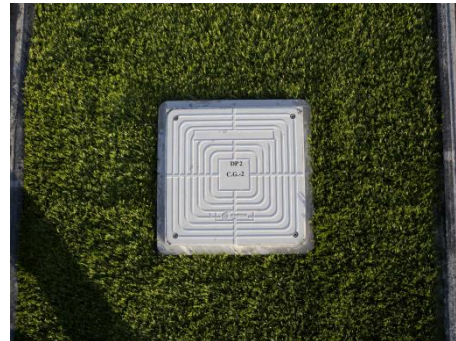
Detectores de masa metálica

Figura 5.2: Detectores de masa metálica
Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
Elaboración: PROPIA



Detectores selectivos en base a radiofrecuencia: Esta tecnología de detección es más versátil. En caso de que en un futuro la traza de un sistema de transporte público pudiera ser compartida con buses normales, vehículos privados, este sistema permitiría discriminar entre ellos y el sistema de transporte masivo.

Figura 5.3: Detectores en base de radio frecuencia
Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
Elaboración: PROPIA



5.1.3 Señalización de Prioridad para el paso de Sistema de Transporte Masivo:

5.1.3.1 Señalización tranviaria

Tecnología: Dos focos de led's blanco.

Aspectos:

- ✓ Foco superior: una barra horizontal (significado de rojo o no pasar) y otra vertical (significado de verde o paso libre)
- ✓ Foco inferior: dispone de un triángulo, cuyo encendido implica la activación del sistema



Figura 5.4: Semáforos para indicar prioridad de paso
 Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
 Elaboración: PROPIA

✓ **Estados de los discos**

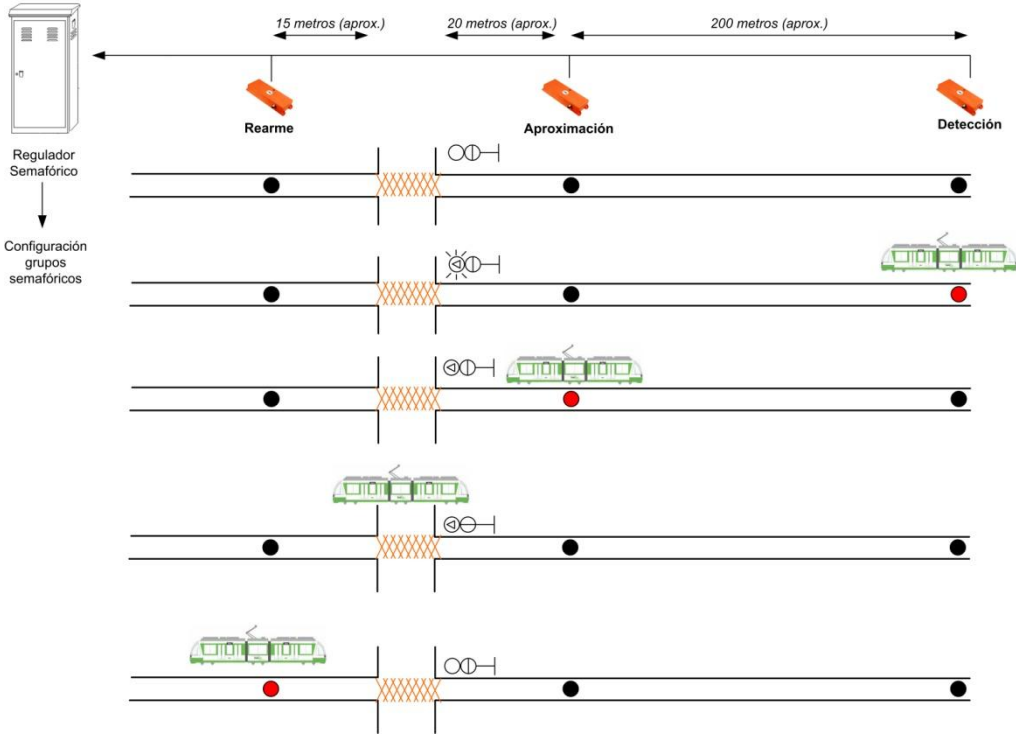


Figura 5.5: Semáforos para indicar prioridad de paso
 Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
 Elaboración: PROPIA

5.1.3.2 Señalización BRT

Se identifica con los colores rojo amarillo y blanco a fin de confundirse con las señales normales de los semáforos para vehículo privado. En donde el rojo significa detención total, amarillo prevención y el blanco paso.

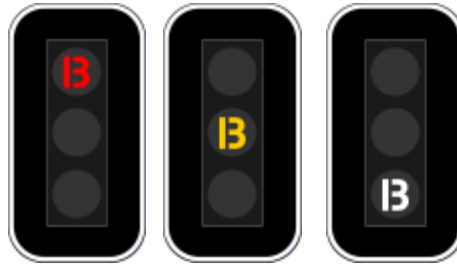


Figura 5.6: Semáforos para indicar prioridad de paso
Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
Elaboración: PROPIA

5.1.4 Funcionamiento degradado

- ✓ **Fallo del detector de rearme** → Si no se recibe la señal de rearme, el regulador esperará un tiempo determinado hasta dar paso al resto de fases del cruce

Secuencia de Detección

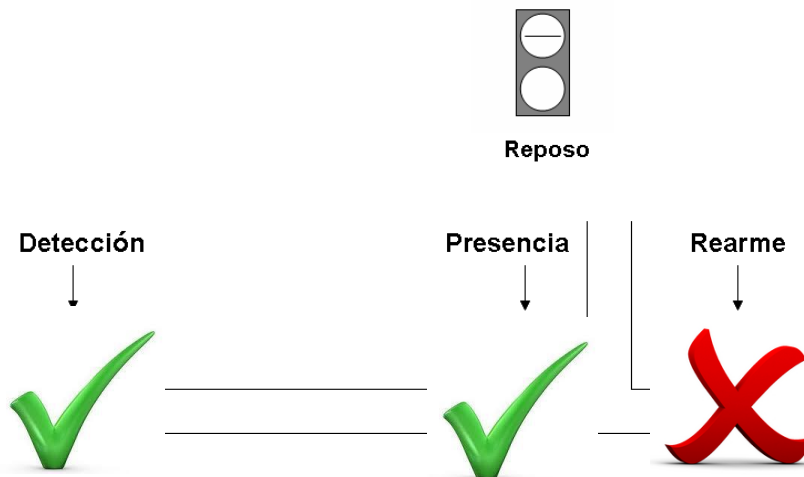


Figura 5.7: Falla del detector de rearme
Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
Elaboración: PROPIA

- ✓ **Fallo del detector de aproximación:** La detección del sistema de transporte se realizara a través del detector de presencia, cuando la unidad de transporte llegue a ese punto se deberá esperar a que el regulador le permita el paso

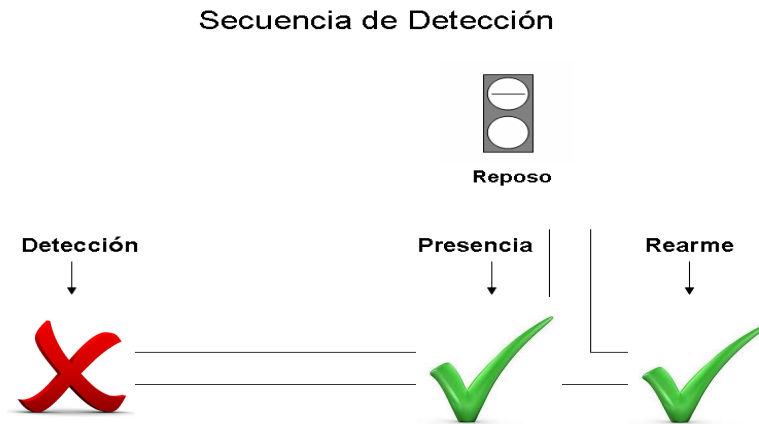


Figura 5.8: Falla del detector de aproximación
 Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
 Elaboración: PROPIA

- ✓ **Fallo del detector de Presencia** → Si tras rebasar el punto de Aproximación no se detecta la presencia de la unidad de transporte, no se le concederá el paso, por no considerarse seguro rebasar el cruce y para no condicionar la circulación del resto de agentes involucrados

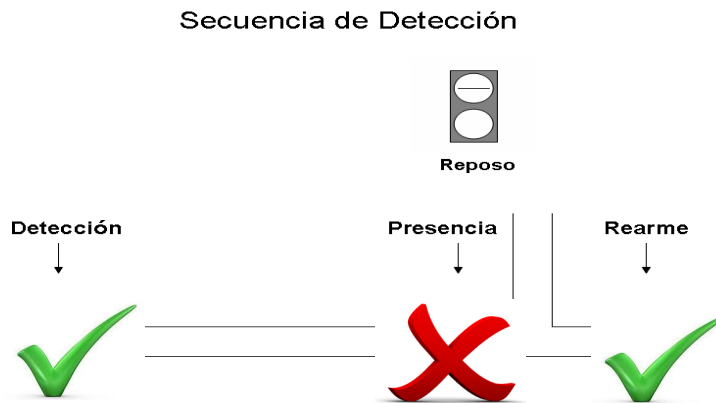


Figura 5.9: Falla del detector de presencia
 Fuente: Proyecto Tranvía Ciudad de Cuenca
 Elaboración: PROPIA

5.2 Sistema de detección mediante GPS.

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS), por sus siglas en inglés Global Positioning System, es un avanzado sistema de orientación y localización de todo tipo de objetos, cuyo funcionamiento está basado en la recepción y el procesamiento de las informaciones emitidas por una red de satélites.

En el transporte público y masivo de pasajeros este sistema fue diseñado para la gestión y seguimiento en tiempo real de Flotas de vehículos, permitiendo a las empresas un planeamiento y control operacional eficiente, optimizando la gestión y aprovechamiento de la flota, como así también los recursos humanos disponibles para las prestaciones de servicios.

Las características principales del uso del GPS en el transporte público, son beneficiosas tanto para las empresas de transporte como para los usuarios.

- Control total de la flota de buses
- Regularización del flujo de unidades
- Información certera y clara sobre la ubicación de una determinada unidad de transporte en un determinado momento
- Posibilidad de actuar a tiempo ante contratiempos posibles de presentarse
- Monitoreo constante del bus

El equipamiento utilizado para la prioridad de transporte público a través de sistemas de posicionamiento satelital utiliza los sistemas AVL (localización automática de vehículo), cuyo esquema de prioridad a través de una red semafórica se puede entender de una mejor manera a través del siguiente figura que se presenta a continuación:

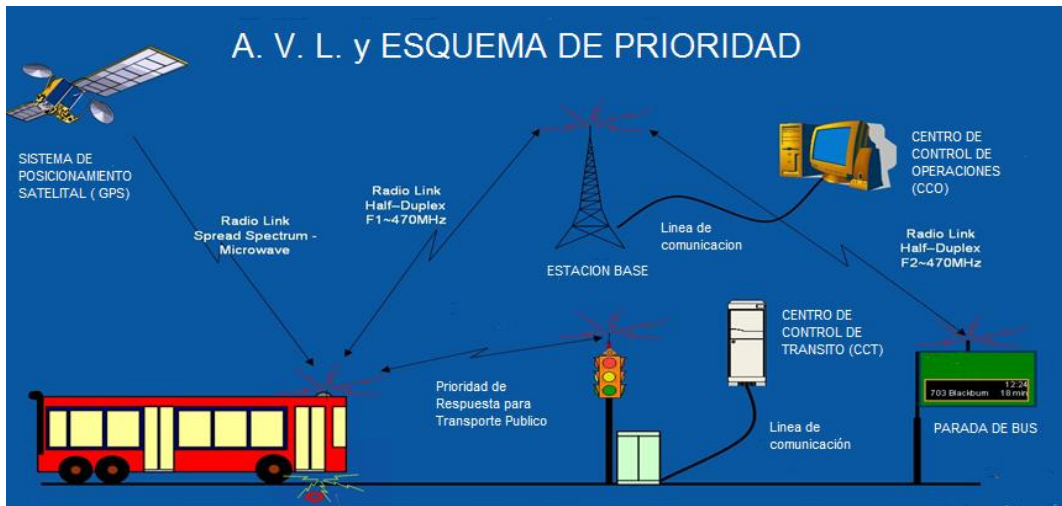


Figura 5.10: Esquema de Prioridad mediante GPS
 Fuente: Consultora Braxton
 Elaboración: PROPIA

A través del sistema de posicionamiento satelital se ubica la unidad de transporte cuyo monitoreo se realiza por el centro de control de operaciones (CCO), y mediante la coordinación con el Centro de Control de Transito se logra enviar las señales de adelantamiento de fase o extensión de verde a los equipos semafóricos instalados en las diferentes intersecciones.

Dentro de los equipos a ser contemplados en un sistema de priorización para transporte público se debe tomar en cuenta el OBC que es el equipo de abordaje mediante el cual se logra la interconexión con el sistema de Control de Tránsito tal como se indica en la siguiente figura:

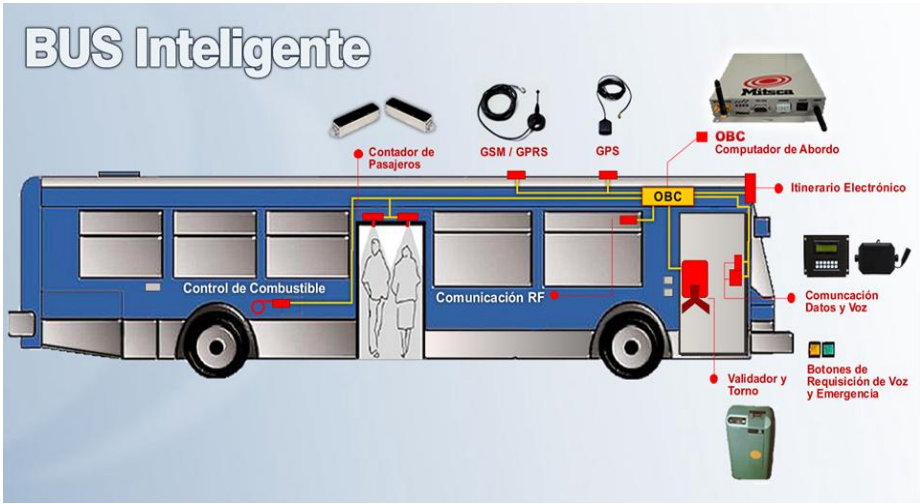


Figura 5.11: Equipo OBC
 Fuente: Consultora Braxton
 Elaboración: PROPIA

Además dentro de los equipos de control que debe disponer la Unidad de Transporte esta el equipo GSM o GPRS mediante el cual se activa en caso de pérdida de señal con el centro de control la prioridad en las intersecciones semaforicas adaptativas mediante el siguiente equipamiento

El equipo en el controlador consiste en:

1. Un MODEM celular GPRS
2. El procesador de CellCom y software de CellCom.

Los dos vienen normalmente en una “caja negra”.

Debe entenderse que este tipo de desarrollos dependen de las casas comerciales que venden dicho equipamiento y que pueden variar de acuerdo a la marca especifica, en este caso el equipamiento presentado es un desarrollo para Sctas, pero en forma similar los protocolos de comunicación inalámbrica para un controlador que maneje Scoot deberá seguir los mismos principios de tener un modem celular GPRS con su software un control.

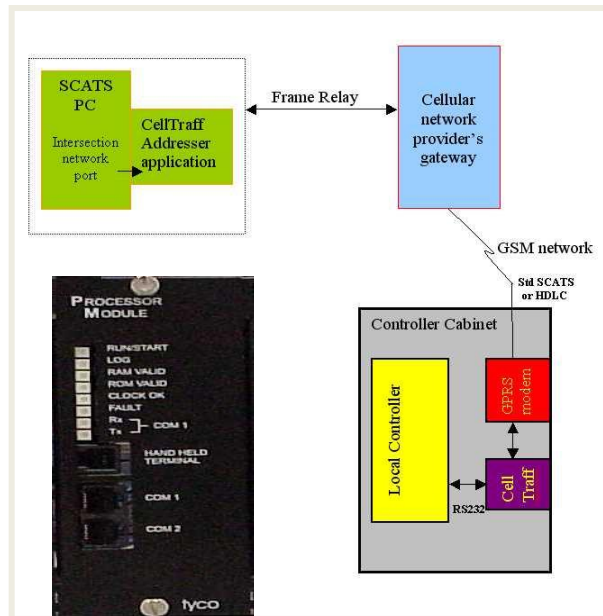


Figura 5.12: Equipo de Control de Trafico
Fuente: Central de Semaforización Cuenca
Elaboración: PROPIA

5.3 El Sistema de control de tráfico adaptativo como componente del Sistema de Ayuda a la Explotación de un Sistema Integrado de Transporte.

Con todo lo anteriormente señalado existe diferentes soluciones que se pueden plantear, pero las mismas deben seguir un razonamiento adecuado y tener como fundamento una solución del PROBLEMA INTEGRAL DEL TRANSPORTE, LA SOLUCIÓN QUE SE QUIERE ALCANZAR SE PUEDE CONCLUIR EN LO SIGUIENTE:

Proveer movilidad eficiente a todos los ciudadanos, mediante Sistemas de Transporte Sustentable.

En este punto el Sistema Semaforico es un componente importante dentro de un Sistema Integrado de Transporte. Los requisitos generales de un Sistema Integrado de Transporte son:

1. Control del Recaudo (Venta de pasajes, control de acceso de pasajeros, estadísticas de demanda de transporte y control tarifario).

2. Control Operacional (Despachos de flota, tiempos de viaje adecuados en los corredores de transporte público, monitoreo de tránsito con el objetivo que no afecte los corredores de transporte público, disminución de los niveles de congestión en los corredores de transporte público, frecuencias, programación de la operación, pasajeros transportados, nivel de ocupación de los vehículos, estadísticas de la oferta de transporte)

3. Aplicación de la ingeniería de transportes con integración tecnológica de la electrónica, informática, comunicaciones y economía para el gerenciamiento del transporte público, con el objetivo de mejorar la productividad, movilidad e información de la ciudad.

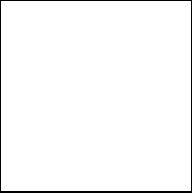
4. Mejoramiento la Productividad del Sistema de Transporte

5. Atención al usuario dentro de patrones de calidad y confort acordes con los Sistemas Modernos de Transporte.

Estos requisitos están integrados dentro del SAE (sistema de ayuda a la explotación) y el SIR (sistema integral de recaudo), cuyo esquema se adjunta a la presente tesis, el mismo nos permitirá obtener una **Movilidad Sustentable**, cuyo esquema para una mejor comprensión se indica en el siguiente grafico



Figura 5.13: Sistema Semafórico como componente del SAE
Fuente: Central de Semaforización Cuenca, Braxton
Elaboración: PROPIA



Es objetivo del Sistema Integrado de Transporte el llegar a esos patrones de movilidad, dentro del cual se tiene como componente al Sistema Semafórico. Debiendo comprender que para la mejor operación de los Sistemas de Semaforización y Control operacional de flotas de transporte, los mismos deben trabajar conjuntamente y no por separado como se hacen en muchas ocasiones, el éxito de una adecuada gestión de tráfico así como de la operación radica en que los dos no pueden funcionar en forma separada, ni tratarse como temas distintos.

Referencias:

Referencia 1: [Tyco, 2007a; 2007b], [Australia, 2007], [SCOOT, 2007], [Busch, 1996], [Dell'Olmo & Mirchandani, 1996], [Gartner et al., 1995], [Gordon et al, 1996], [Skabardonis et al., 1998], [USDOT, 1982].

Referencia 2: Manual de Estudios de Ingeniería (México)

Referencia 3: HCM 2000