



UNIVERSIDAD DEL ACONCAGUA

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ADMINISTRATIVAS

LICENCIATURA EN TELECOMUNICACIONES

IMPLEMENTACIÓN DE SMART CITY EN BASE AL CONTROL DE SEMÁFOROS INTELIGENTES

Alumno: Pablo Nicolás Varela Castro

Profesores Tutores: Ing. Guillermo Sandez

Legajo: 18230

Lugar: Mendoza - Argentina

Fecha: 05 de Agosto de 2016

CALIFICACIÓN

ÍNDICE

1. RESUMEN TÉCNICO	7
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. PLANTEO DEL PROBLEMA	9
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3. DEFINICIÓN DE LA IDEA.....	10
1.4. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	11
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	11
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	11
1.5. ALCANCES.....	12
1.6. LÍMITES	12
1.7. HIPÓTESIS.....	13
1.8. VIABILIDAD.....	13
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. TECNOLOGÍAS DE SEMÁFOROS CONVENCIONAL	15
2.1.1. <i>Tecnologías de Semáforo Convencional con Lámpara</i>	15
2.1.1.1. Historia	15
3.1.1.2. Descripción de los Semáforos.....	15
3.1.1.3. Funcionamiento	16
3.1.1.4. Características Generales	17
3.2. TECNOLOGÍAS DE SEMÁFORO CONVENCIONAL LED.....	19
3.2.1. <i>Funcionamiento</i>	20
3.3. DETALLES TÉCNICOS DE LAS TECNOLOGÍAS CONVENCIONALES LED.....	22
3.3.1. <i>Diodo</i>	22
3.3.2. <i>Diodo LED</i>	23
3.3.3. <i>Espectro Visible</i>	23
3.3.4. <i>Longitud de Onda y luz monocromática</i>	24
3.4. TECNOLOGÍAS DE SEMÁFOROS INTELIGENTES	26
3.4.1. <i>Semáforo Inteligente con RFID</i>	27
3.4.1.1. Funcionamiento Específico.....	27
3.4.1.2. Ventajas y Desventajas de la Tecnología RFID.....	29
3.4.2. <i>Semáforos Inteligentes usando Redes de Sensores Inalámbricos</i>	30
3.4.2.1. Funcionamiento del Sistema	31
3.4.2.2. Funcionamiento del Algoritmo	32
3.4.2.3. Ventajas y desventajas del sistema de Redes con Sensores Inalámbricos	34
3.4.3. <i>Semáforos Inteligentes con Procesamiento de Imágenes</i>	35
3.4.3.1. Funcionamiento	35
3.4.3.2. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Procesamiento de imágenes	37
3.4.4. <i>Semáforos inteligentes con Inteligencia artificial</i>	38
3.4.4.1. Algoritmo de Inteligencia	38
3.4.4.2. Ventajas y Desventajas del sistema de Semáforos con Inteligencia Artificial	40
3.4.5. <i>Semáforos inteligentes Basados en SCADA</i>	42
3.4.5.1. Funcionamiento	42
3.4.5.2. Características Principales	43
3.4.5.3. Ventajas de semáforos basados en SCADA.....	44
3.4.6. <i>Semáforos inteligentes basados en Sistemas Adaptativo SCOOT</i>	45
3.4.6.1. Funcionamiento	46
3.4.6.2. Funcionamiento Específico.....	48
3.4.6.3. Características Principales	50

3.4.6.4.	Ventajas de semáforos basados en protocolo SCOOT	52
3.5.	DETALLES TÉCNICOS DE CADA TECNOLOGÍA DE SEMÁFORO INTELIGENTE.....	53
3.5.1.	<i>Detalles de la Tecnología RFID</i>	53
3.5.1.1.	La tarjeta RFID	53
3.5.2.	<i>Redes de Sensores Inalámbricos</i>	54
3.5.2.1.	TDMA	54
3.5.2.2.	Utilización TDMA para los dispositivos.....	55
3.5.3.	<i>Procesamiento de Imágenes</i>	56
3.5.3.1.	RGB.....	56
3.5.3.2.	Tratamiento de la señal de vídeo RGB.....	57
3.5.3.3.	Función de sincronismo	58
3.5.3.4.	Procesamiento morfológico	59
3.5.3.5.	Procesamiento morfológico de imágenes.....	59
3.5.3.6.	Tipos de Funciones para Procesamiento Morfológico de Imágenes	60
3.5.3.7.	Procesamiento morfológico en niveles de grises.....	60
3.5.4.	<i>Inteligencia artificial</i>	63
3.5.4.1.	Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL).....	63
3.5.4.2.	Dispositivo CPLD.....	66
3.5.4.3.	Controlador de Lógica Difusa	67
3.5.5.	<i>Red GPRS</i>	68
3.5.5.1.	SCADA.....	68
3.5.5.2.	PLC.....	69
3.5.5.3.	Tipos de Redes.....	70
3.5.5.4.	Red GPS.....	71
Características de la RED GPS	71	
3.5.6.	<i>Sistema Adaptativo SCOOT</i>	72
3.5.6.1.	Características Técnicas de la Comunicación	72
3.5.6.2.	Red Privada Virtual (VPN).....	76
3.5.6.3.	Tecnología PON Fibra óptica.....	79
3.5.6.4.	Dispositivos utilizados para la distribución de datos	81
3.5.6.5.	Dispositivos de Control y detección	84
3.5.6.6.	Funcionamiento de la Bobina Inductiva.....	85
3.5.6.7.	Cable resistente a altas temperaturas.....	86
3.5.6.8.	Comunicación de Bajo nivel	87
3.6.	CASOS DE ÉXITO POR TECNOLOGÍA	88
3.6.1	<i>Tecnología LED convencional</i>	88
3.6.2.	<i>Tecnología RFID</i>	90
3.6.3.	<i>Tecnología de Redes de Sensores Inalámbricos</i>	92
3.6.4.	<i>Tecnología de Procesamiento de Imágenes</i>	94
3.6.5.	<i>Tecnología de Inteligencia artificial</i>	96
3.6.6.	<i>Tecnología usando Sistema Adaptativo SCOOT</i>	97
3.6.7.	<i>Tecnología usando Red GPRS</i>	99
4.	DESARROLLO	102
4.1.	INTRODUCCIÓN AL SISTEMA ADAPTATIVO SCOOT EN MENDOZA	103
4.1.1.	<i>Análisis Poblacional</i>	104
4.1.1.1.	Empleo.....	105
4.1.1.2.	El crecimiento automotriz.....	106
4.1.1.3.	Contaminación Vehicular por Esperas en los Semáforos.....	106
4.1.1.4.	La infraestructura vial del Gran Mendoza.....	107
4.1.1.5.	Caracterización de la demanda por transporte.....	108
4.1.1.6.	Los tiempos de demora y de viaje.....	109
4.1.1.7.	Análisis de las condiciones del tráfico de los micros de la ciudad de Mendoza.....	110
4.1.2.	<i>Análisis Geográfico</i>	114
4.1.2.1.	Área de administración SCOOT en Mendoza.....	124
4.2.	TECNOLOGÍA ELEGIDA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA "SISTEMA ADAPTATIVO SCOOT"	130
4.2.1.	<i>Motivos</i>	130
4.2.2.	<i>Ventajas y Desventajas</i>	131

4.2.3.	<i>Justificación</i>	132
4.2.4.	<i>Solución</i>	132
4.3.	ESQUEMAS DE CONEXIÓN SEMÁFOROS Y MICROCONTROLADORES	133
4.3.1.	<i>Características Electricas del Microcontrolador a Colocar en los Semaforos</i>	134
4.3.2.	<i>Conexionado Eléctrico Microcontrolador hacia las Salida LED</i>	136
4.4.	DIAGRAMA DE CONEXIÓN CONTACTO SECO AL MICROCONTROLADOR	137
4.5.	PARA LA CONEXIÓN VPN POR INTERNET	139
4.6.	SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO ESQUEMA FÍSICO	142
4.6.1.	<i>Sistema de funcionamiento físico en la zona SCOOT</i>	144
4.7.	SISTEMA DE FUNCIONAMIENTO LÓGICO	147
4.8.	LÓGICA DE DESCONGESTIÓN	148
4.8.1.	<i>Congestión</i>	149
4.9.	DATOS SCOOT	153
4.9.1.	<i>ASTRID</i>	153
4.9.1.1.	Datos Basico ASTRID	154
4.9.1.2.	Derivado de Datos ASTRID	155
4.9.2.	<i>DATOS POR NIVELES</i>	157
6.	BIBLIOGRAFÍA	159
7.	ANEXO	161
7.1.	MIGRACIÓN DE SEMÁFOROS CONVENCIONALES A SEMÁFOROS TIPO LED	162
7.1.1.	<i>Cambio de lámparas convencionales por LED</i>	162
7.1.2.	<i>Características ópticas para semáforos LED</i>	163
7.1.3.	<i>Reemplazo del Regulador convencional por regulador LED</i>	164
7.2.	COMPUERTA EN SCOOT	165
7.3.	INGRID.....	166

1. Resumen Técnico

La presente Tesis plantea un diseño de migración de sistemas de semáforos convencionales a semáforos inteligentes. Para su estudio se analizó parte de la zona céntrica más concurrida de la Ciudad de Mendoza.

En el análisis de la zona se identificó que esta genera un gran aumento de vehículos en los horarios picos a diferencia de otras zonas de la ciudad. Por lo tanto, se propuso como objetivo de estudio un sistema de control que mejore en gran medida los problemas de congestión ocasionados.

Se propone, así, un sistema basado en tecnología de semáforos inteligentes, que proporcione los mejores resultados en base a la minimización del retardo producido por los tiempos de espera que generan los semáforos de tecnología convencional.

Se concluye, entonces, en el estudio de la tecnología elegida denominada “SCOOT” que esta presenta los parámetros necesarios para permitir las condiciones de libre acceso de vehículos en la zona céntrica, y evitando así las largas colas de espera que generan los semáforos de tecnología convencional.

1. Introducción

Mendoza, posee un problema común que la caracteriza, el caótico tráfico vehicular que nace del crecimiento del área urbana. La infraestructura de Mendoza trae un problema no previsto con anticipación y que hoy en día se están revelando las causas. Mendoza está regida por municipalidades cada una de ellas maneja su departamento en base a normas, una de estas normas es que las localizaciones poblacionales son autorizadas por ellas en cada municipio sin embargo no existe coordinación entre estas lo que produce un desequilibrio en la densidad habitacional lo que también impacta en el crecimiento del tráfico. Este último supera la capacidad con las que fueron construidas las calles y produce congestión.

El problema, entonces, más importante es donde existe la mayor densidad de la población, concentrándose básicamente en el centro urbano, otras partes en espacios suburbanos y una mínima en zonas rurales donde hoy en día está siendo habitada por población marginal.

Es importante considerar que en el microcentro se ubica parte del centro comercial, la zona bancaria y administrativa de la provincia. Lo que configura un patrón de circulaciones convergentes desde todos los puntos del gran Mendoza.

Los semáforos convencionales, por lo tanto, no brindan una solución totalmente óptima a la hora de controlar las redes viales, provocando embotellamientos, tiempos de espera largos, y hasta posibles accidentes que se podrían prevenir. Con el avance de la tecnología se puede visualizar cambios constantes, tanto en sistemas de información como en sistemas de Telecomunicaciones, y uno de estos sistemas son los semáforos inteligentes, los cuales permiten una mejora sustancial en lo que respecta a la problemática. El uso de esta tecnología será indispensable en un futuro no muy lejano, permitiendo que su evolución de lugar a un desarrollo urbanístico mucho más eficiente y organizado.

1.1. Planteo del problema

El problema está dado por el sistema de semáforos convencionales que posee la ciudad de Mendoza, ya que estos no brindan una solución adecuada para el control del tráfico actual.

Sabiendo entonces que el funcionamiento de los semáforos actuales es mantener intervalos de tiempos de las luces por un periodo definido, no brindan una solución óptima en cuanto a la disminución de los tiempos de espera que se generan en ciertas circunstancias, puede entonces darse la ocasión que el semáforo que esté dando luz verde en una dirección que no halla transito mientras que en la otra halla transito en espera. Se necesita entonces de un sistema mucho más inteligente que pueda adaptar estos periodos de tiempos a las condiciones actuales del tráfico.

Viendo entonces el avance de las nuevas tecnologías de control, se analiza la posibilidad de desarrollar un cambio de la tecnología de semáforos convencional a inteligente. Con este propósito se intentará determinar mediante el estudio de estas, cuál de ellas sea la más eficaz para brindar el óptimo control del flujo vehicular teniendo en cuenta su factibilidad para el sistema de red actual que posee la ciudad para el funcionamiento de estos.

Se propone de esta manera una tecnología de semáforos inteligentes, que use la infraestructura del medio físico existente. Tomándose en cuenta, sus configuraciones físicas para su funcionamiento sin necesidad de un establecer un cambio en la tecnología de redes de la ciudad.

Por lo tanto, la idea será mejorar en todo su nivel en o en lo que más se pueda el gestionamiento vehicular. De manera, entonces, de generar rutas de acceso libres en todos los horarios y en especial en los horarios picos, en los cuales se producen los mayores problemas de congestión.

1.2. Justificación

Debido al aumento del tráfico vehicular, en los últimos años, en la capital de Mendoza se debe optar por encontrar una mejora al actual sistema.

La tecnología actual de semáforo no soluciona todos los problemas vehiculares, entonces viendo el avance de las tecnologías de información y Telecomunicaciones, hoy en día son una opción útil para proponer un cambio, como la implementación de semáforos inteligentes. Estos brindan una mejora sustancial y permiten un mayor control del tráfico vehicular en comparación con las tecnologías antiguas.

1.3. Definición de la Idea

La idea del Proyecto es estudiar y analizar todas las tecnologías existentes de semáforos inteligentes, viendo todas sus posibles ventajas y desventajas que las mismas proponen para su utilización, y en base a esto se debe optar por una de ellas. Se tomará en cuenta la mejor, en función de sus beneficios para el descongestionamiento vial. Se hará entonces un análisis exhaustivo de la tecnología elegida y se extenderán los conceptos de su funcionamiento físico y lógico para comprenderla en todo su entorno:

Se evaluará, entonces, mediante un trabajo de investigación y desarrollo la forma en cómo se integran todas sus partes físicas, y también, se enfocará en la forma en que viajarán sus datos desde un punto a otro.

1.4. Objetivos del Proyecto

1.4.1. Objetivo General

Contribuir a un mejor control del flujo vehicular a través del diseño de una red de semáforos inteligentes cuando se produce congestión.

1.4.2. Objetivos Específicos

1. Proponer nuevas estrategias de control secuencial en los semáforos de la capital de Mendoza a través de la aplicación de nuevos protocolos o tecnologías.
2. Análisis y búsqueda de información referida a sistemas inteligentes en semáforos.
3. Diseñar un proyecto de administración de control vehicular para un área específica de la ciudad de Mendoza.

1.5. Alcances

Se tomará en cuenta los distintos tipos de tecnologías o sistemas adaptativos de semáforos inteligentes, se buscará la mejor tecnología, basándose en la que provee la mejor solución teniendo en cuenta los problemas de congestionamiento, también se analizará cuál de ellas se adapte más rápido al entorno existente, tomándose en cuenta las redes actuales para proceder en caso necesario al diseño de una migración eficiente, a un nuevo sistema de semaforización.

El estudio se hará específicamente en la zona céntrica de Mendoza la cual es la zona más afectada por el tráfico vehicular en distintas horas.

1.6. Límites

No se establecerá simulación del sistema, se realizará un estudio exhaustivo donde se diseñe de forma detallada, como será la actualización del sistema de semáforos en la ciudad de Mendoza, con respecto a las tecnologías o sistemas adaptativos de semáforos inteligentes a estudiar.

En relación a marcos legales y económicos, no se harán ningún tipo de estudio.

1.7. Hipótesis

Los sistemas actuales de semáforos inteligentes solucionarán, de manera eficiente los problemas de congestión de tránsito de la ciudad de Mendoza. El mejor esquema de este tipo de tecnología se adaptará de manera adecuada al medio tecnológico ya existente.

1.8. Viabilidad

El proyecto es considerado viable por distintos motivos:

1° Hay que tener en cuenta el aumento exponencial de vehículos y la compra de estos en los últimos años. Dado por:

- La necesidad de tener vehículo como una herramienta para llegar a horario a distintos puntos de interés o simplemente para uso personal.

En base a esto, es importante tener en cuenta que al aplicar semaforización inteligente los problemas ocasionados en estos horarios por la congestión pueden ser tratados y solucionados.

2° Otro punto que influye como un factor de alta importancia es el hecho de evitar la contaminación del medio producto de los gases producidos por los vehículos. Si tenemos en cuenta que Mendoza a comparación de Buenos Aires nos es una ciudad que produce una mayor contaminación, pero es importante considerar la opción de evitar tiempo de esperas en los cruces de los semáforos para reducir las emisiones de CO₂ dada por la combustión de los autos.

3° Es importante también saber que Mendoza cuenta con el personal con un nivel de capacidad apto para la configuración de la nueva tecnología de semáforos, al igual que recursos humanos para la migración de estos equipos.

2. Marco Teórico

2.1. Tecnologías de Semáforos Convencional

2.1.1. Tecnologías de Semáforo Convencional con Lámpara

2.1.1.1. Historia

El semáforo, fue desarrollado por el ingeniero ferroviario J.P. Knight en 1868, para controlar el tráfico de la avenida Principal y la calle 105 en la ciudad de Wetminster, Inglaterra. Era similar a los situados en las vías férreas. Al principio solo tenía luces rojas y verdes, emitía un sonido para indicar el cambio de color y era operado por un policía las 24 horas del día.

Sin embargo con el aumento del parque vehicular indujo a que el oficial de Policía William L. Potts mejorara el aparato de Knight, cambiando el sonido por la luz de color ámbar

3.1.1.2. Descripción de los Semáforos

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos, bicicletas y peatones en vías, asignando el derecho a paso o prioridad de los vehículos y peatones, secuencialmente, por las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad electrónica de control.

Su función implícita es garantizar la seguridad vial. Por estos motivos es razonable hacer un estudio del sitio y condiciones de tránsito.



Figura N° 1: Semáforo con lámpara convencional¹

3.1.1.3. Funcionamiento

Su funcionamiento desde el punto de vista de la automatización, se basa en un sistema de control de lazo abierto.

En estos sistemas la señal de salida no influye sobre su regulación. Se obtienen los datos de entrada y se ejecuta el proceso de control.

La señal de entrada es el tiempo asignado a cada luz (rojo, amarilla y verde) de cada una de las calles. El sistema cambia las luces según el tiempo indicado, sin importar que la cantidad de tránsito varíe en las calles.

Fácilmente, con un microcontrolador de bajo costo se puede programar una secuencia de tiempos para cada luz del semáforo, para que efectúe el mismo ciclo infinidad de veces.²

¹ Fuente: <http://www.eyssa.com.mx/>

² PEDRAZA, Luis Fernando. Sistema de Semaforización Inteligente. EAE, 2012.

3.1.1.4. Características Generales

Actualmente, los semáforos funcionan mediante una lámpara incandescente a 220 V, un difusor de cristal o metacrilato tintado con el color adecuado y con un reflector posterior.

El conjunto de semáforos que se encuentran, generalmente, en un cruce están controlados mediante un regulador que se encarga de coordinarlos.

El tamaño de los semáforos es de 200 mm y la lámpara que los ilumina, puede variar entre 25 y 40 W. Estos focos se encuentran dentro del semáforo que suministran la señalización.

- Lámparas de 25W con 220V comunes o también pueden ser de 40 W de 220vac.
- Timer incorporado de 1 a 200 segundos, regulable apretando un botón y reteniéndolo mientras va haciendo un beep con luz roja(cada beep representa aproximadamente 1/2 segundo que va a acumular o programar el timer con un mínimo de 2 hasta 200 segundos) y al terminar de contar los beep (o tiempo deseado) con tan solo soltar el pulsador, quedará guardada la configuración en memoria eeprom no volátil.
- Posee un pulsador interno para programar el tiempo o inclusive programarlo para funcionar sin timer en forma continua o seguidor.
- Posee entradas de tipo NA y NC (Normal abierta y Normal cerrada) para cualquier dispositivo sensor de cualquiera de los dos tipos.

Ventajas

- Inversión con costo relativamente económico.
- Fácil de programar.

Desventajas

- Alto Costo de mantenimiento.
- Eficiencia energética, 10 Lm/W con lámparas incandescentes.
- Alto consumo Ejemplo: Un día tiene 24h X 360 días (1 año) =
 $0,04 \text{ Kw/h} \times 8640 \text{ h} = 345,6 \text{ Kw} \times 3 \text{ Bombillos} = 1036.8 \text{ Kw}$ (en un solo año para un solo semáforo).

3.2. Tecnologías de Semáforo Convencional LED

Existente en el mercado este tipo de tecnología, utilizando otro tipo de mejoras con respecto a la tecnología de lámparas, además reúne cualidades de seguridad y eficiencia energética: la tecnología de Diodos Luminiscentes.

“El uso de dicha tecnología en semáforos se había comenzado a aplicar desde 1995 en indicadores de color rojo y ámbar, pero a partir de entonces aparece en el mercado la aplicación del LED verde, con lo que se completa toda la gama de color para señalización de tráfico.”³



Figura N°2 : Semáforo LED⁴

³ Fuente: <http://www.energylab.es> 29/01/2016

⁴ Fuente: [http:// www.circulaseguro.com](http://www.circulaseguro.com) 29/01/2016

3.2.1. Funcionamiento

El componente principal es el diodo, que trabaja en corriente continua y emite luz únicamente con la longitud de onda del color.

El conjunto de diodos LED está montado sobre una placa y conectado de tal manera que permite mantener una mayor seguridad en el servicio.

Trabaja con corriente continua, lleva instalado un circuito electrónico rectificador de alterna a continua, además, incorpora una función de estabilización de tensión que permite mantener el mismo nivel luminoso, incluso con el fallo de cierto número de diodos al elevar el nivel de tensión permite mantener el mismo estado de iluminación con los restantes.

Los componentes, diodo LED y fuente de alimentación, hay que añadir, que para ciertas condiciones físicas, el difusor es transparente, ya que el color es aportado por el propio LED.

Dicho difusor además protege la placa de diodos, y tiene como misión mejorar la óptica del punto evitando la emisión de luz hacia arriba y concentrándola hacia la calzada.



Figura N° 3: La composición de un Diodo LED ⁵

⁵ Fuente: <http://www.tr3sdl.com> 29/01/2016

Ventajas

- "Mejora eficiente de temperatura con el uso de la tecnología LED : Esta tecnología emite la misma cantidad de calor que la tecnología de lámparas convencional pero su principal diferencia es que el calor en la lámpara LED se proyecta en dirección contraria a la luz. Por lo tanto, el calor es manejado por el chip LED que se encuentra detrás de la lámpara LED haciendo necesario encontrar un método óptimo para evacuar eficientemente el calor".⁶
- La vida útil del diodo LED dura aproximadamente 100.000 h.
- La fuente de alimentación electrónica, que rectifica la corriente alterna a continua, también permite en ciertas tecnologías estabilizar la tensión y así poder trabajar con amplios márgenes, lo que confiere luz de mayor fiabilidad, ante variaciones en el suministro.
- Mayor eficiencia energética, 24 Lum/W en LED rojo frente a 10 Lm/W si lo comparamos con la tecnología de lámparas, es decir, un 104% superior. Esto permite obtener ahorros energéticos que oscilan entre el 80 % y el 90 %.

Desventajas:

- Costo de inversión Alto.

⁶ Fuente: <http://lediagroup.com> 05/05/2016

3.3. Detalles Técnicos de las Tecnologías Convencionales LED

3.3.1. Diodo

"La función que realiza el diodo es dejar circular la corriente en un solo sentido, la principal aplicación práctica de dicha función es la conversión de corriente alterna (ca) en corriente continua (cc). Los circuitos que realizan esta función se denominan rectificadores."⁷

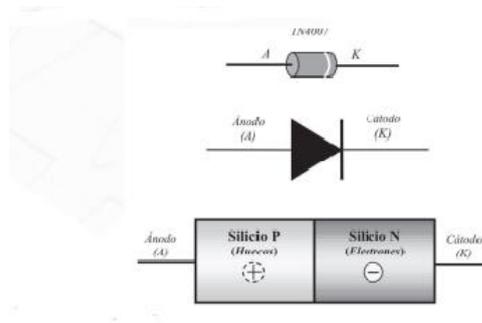


Figura N°4 Constitución física, simbología y modelo práctico de un diodo.⁸

⁷ DONATE, Antonio Hermosa. Principio de electricidad y Electronica. Marcombo 2009

⁸ DONATE, Antonio Hermosa. Principio de electricidad y Electronica. Marcombo 2009

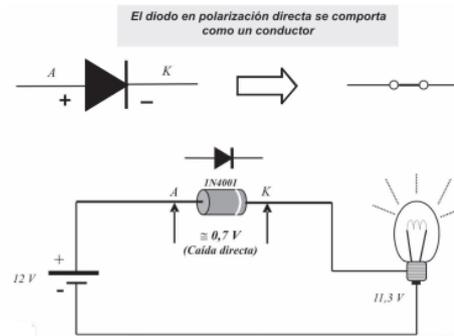


Figura N°5 Diodo en Polarización Directa⁹

3.3.2. Diodo LED

Dispositivo semiconductor que emite luz de espectro reducido cuando se polariza en forma directa, en la unión PN en la cual circula por él corriente. Este fenómeno es de tipo electroluminiscencia, por que el diodo trabaja como un diodo común, pero que al ser atravesado por la corriente eléctrica, emite luz.

3.3.3. Espectro Visible

El espectro visible es la zona del espectro electromagnético que va desde los 380 a los 720 nanómetros de longitud de onda.

"Las ondas situadas dentro de este marco producen estímulos que el ojo humano medio percibe como 'luz' y 'color'. Las sensaciones cromáticas varían con el predominio dentro de un haz de luz de ondas de una zona determinada del espectro luminoso".¹⁰

⁹ DONATE, Antonio Hermosa. Principio de electricidad y Electronica. Marcombo 2009

Cuando predominan las ondas cercanas a 720, se produce la sensación es 'luz roja'.

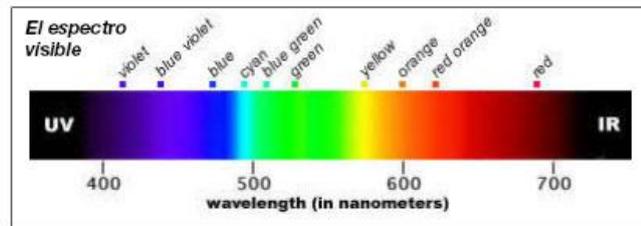


Figura N° 6 Corresponde a la representación de distintas longitudes de ondas¹¹

3.3.4. Longitud de Onda y luz monocromática

Es la distancia mínima entre dos puntos que se produce estando en el mismo estado de oscilación.

En el semáforo la longitud de onda visible está relacionada con un color, los demás colores se puede formar como una combinación de las longitudes de onda de los tres colores primarios Rojo (700 nm), Verde (546,1 nm) y Azul (453,8 nm).

La luz blanca por ejemplo es una mezcla de todas las longitudes de onda visibles. Lo que se conoce como 'Sistema RGB de especificación del color'

¹⁰ Fuente: <http://www.fotonostra.com> 29/01/2016

¹¹ Fuente: <http://www.fotonostra.com> 29/01/2016

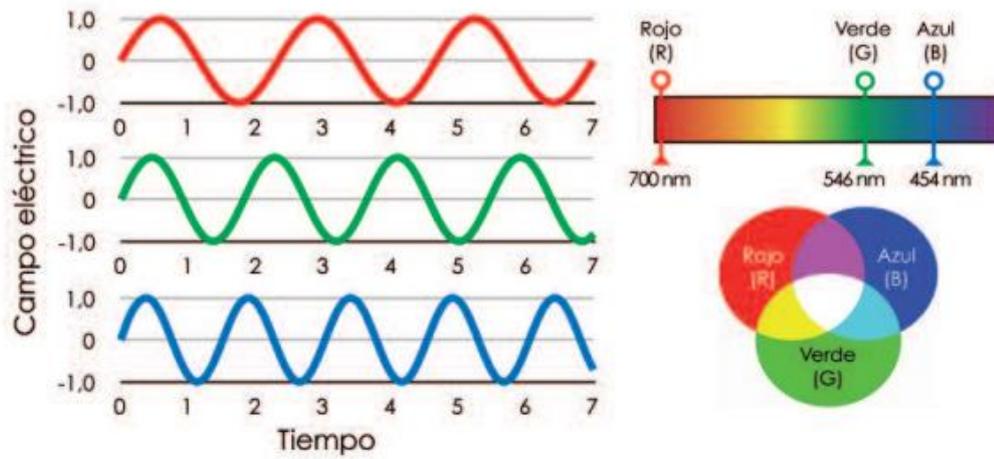


Figura N° 7: Se muestra para tres colores sus respectivos valores de longitud de onda¹²

La luz monocromática es aquella que solo está compuesta por componentes de un solo color, a diferencia de la luz blanca que está formada por muchos componentes de distintas longitudes de onda. Es decir, que tiene una sola longitud de onda, correspondiente al color.

¹² Fuente: <http://artigoo.com> 15/11/2015

3.4. Tecnologías de Semáforos Inteligentes

Es considerado semáforo inteligente a todo aquel dispositivo de tránsito o conjunto de ellos que de manera autónoma es capaz de tomar decisiones dependiendo de una serie de parámetros de entrada (flujo de vehículos, velocidad media, identificación de la calle, entre otros). Es decir que el comportamiento del mismo, es de forma dinámica y que se ajusta de acuerdo a varios parámetros.

Actualmente, existen diferentes tecnologías implementadas en distintos países.

Estos semáforos se presentan para solucionar varios problemas tales como:

- Congestión vehicular.
- Tiempos excesivos de viaje.
- Esperas innecesarias
- Mayor gasto de combustible.
- Mayor contaminación en el medio ambiente.

Existen distintos tipos de Tecnologías, y diferentes formas de implementarlo según la toma de decisiones (luz verde o rojo). Según su tecnológica estas estarán conformadas físicamente de distintos dispositivos pero la solución al problema de ellas será la misma.

3.4.1. Semáforo Inteligente con RFID

El proceso de decisión es a través de sensores ubicados en los mismos semáforos que identifican cada vehículo y pasan información en tiempo real. Estos vehículos son referenciados con un identificador que es almacenado en una base de datos centralizada, el cual se encarga de tomar decisiones.

El sistema RFID almacena los datos, en una base de datos, el cual procesa la ubicación y el tiempo de cada vehículo que pasa por el sensor, luego estos datos son etiquetados de manera de mantener una referencia a través de un identificador.

3.4.1.1 Funcionamiento Específico

Los sensores toman parámetros o características de entradas de los vehículos que han sido etiquetados mediante el uso de la tarjeta RFID. Estos datos se van cargando en una tabla que está guardada en una base de datos centralizada en la WAN, el sistema establece medidas en base a tiempos y ubicaciones de cada vehículo para así tomar decisiones y crear escenarios:

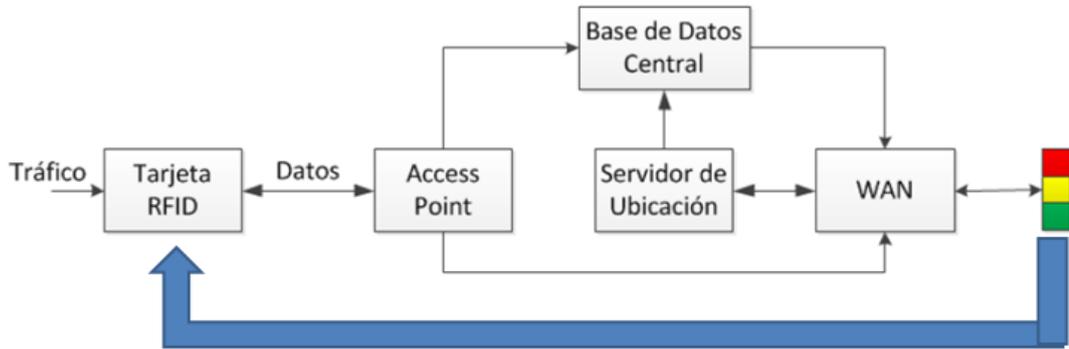
- Determina el patrón de circulación de vehículos en un determinado día: Entonces crea la secuencia más eficaz y proporciona la ruta más activa.

Ejemplo práctico: El vehículo, que lleva el TAG puede llevar datos referentes, a tipo de vehículos, modelo, propietario, color, año, nivel, registros, etc. Con estos datos el sistema puede deducir cuantas veces paso este vehículo por determinada calle.

El sistema puede decidir cómo mejorar la cola de tráfico para una determinada hora:

Ejemplo de congestión con inteligencia RFID: El sistema puede deducir cuanto es el tiempo de demora entre un auto que pasa detrás de otro y esto lo hace porque el sensor detecta y manda los datos cada vez que identifica un vehículo. El sensor por lo tanto toma el TAG de este auto y la información la manda a la base de datos, y así para el caso de otro que pasa después de 10 segundos, el sistema tomo en cuenta que cada intervalos de 10 segundos están pasando autos sin problema; ahora supongamos una cola de autos que genera congestión, el sensor captura el TAG de 30 autos seguidos pasando cada 1 segundo, sin que le dé suficiente tiempo al semáforo de dar paso.

En base a esto el sistema puede tomar reportes y deducir en que escenario se presenta la situación planteada para así aplicar una decisión.



La figura N° 8: Esquema del funcionamiento del sistema RFID¹³.

¹³ Fuente: <http://www.sistemamid.com> 29/01/2016

3.4.1.2. Ventajas y Desventajas de la Tecnología RFID

Ventajas

- El sistema aprende de la toma de decisiones previas y mediante esto puede producir un escenario de flujo de tránsito óptimo para la situación dada.
- Permite determinar la secuencia más eficaz.
- Control de acceso: Al mantener el flujo de tránsito libre tratando en lo posible de minimizar las congestiones producidas por colas de vehículos.

Desventajas

- Para que el sistema elija la ruta óptima, se requiere de un diseño de tráfico complejo.
- Cada vehículo debe contar con su propia identificación en la base de datos, por lo tanto requiere de un procesamiento elevado..

3.4.2. Semáforos Inteligentes usando Redes de Sensores Inalámbricos

Los semáforos inteligentes utilizando Redes de sensores inalámbricos constan de dos partes importantes:

- La red de sensores inalámbricos
- La estación base

El funcionamiento básico es que a través de la red de sensores le proporcione datos a la estación base. La operación de cada sensor es obtener datos referentes a la velocidad, la cantidad, el número de vehículos y longitud de separación entre ellos, de manera de estar actualizando constantemente los datos que residen en la estación base y posteriormente ver si es necesario establecer algún cambio en la asignación de los tiempos de los semáforos controlados por la red de sensores.

3.4.2.1. Funcionamiento del Sistema



Figura N° 9 Muestra el esquema de funcionamiento de la Red de Sensores.¹⁴

- La red de sensores es la encargada de detectar y contar los vehículos, y mandar esta información constantemente a la estación base.
 - El sistema de detección de vehículos requiere de cuatro componentes: el sensor el cual se encarga de detectar las señales generadas por los vehículos, un procesador para los datos detectados, una unidad de comunicación para transferir los datos a la estación base y una fuente de energía.
- El algoritmo es el intermediario de pasar datos procesados desde los sensores a la estación base, como también toma el control en la caja de tráfico.
 - Luego los datos obtenidos por la estación base pasan por el algoritmo de manera de ver, si en caso de ser necesario, es factible volver a establecer los tiempos de las señales de acuerdo a los parámetros óptimos, y estos ser enviados a la caja de control de los semáforos.

¹⁴ Fuente: <http://repo.uta.edu.ec>

3.4.2.2. Funcionamiento del Algoritmo

El algoritmo calcula la duración del intervalo entre la luz Roja y verde. Utilizando una matriz de conflicto de direcciones. La matriz de conflictos determina los posibles casos que se pueden dar cuando se habilita cierto sentido del semáforo.

Los casos se analizan a partir de un cruce típico en las áreas donde se produce más congestión de tránsito:

	OD	OC	OI	ED	EC	EI	ND	NC	NI	SD	SC	SI
OD						X		X				
OC						X		X	X	X	X	X
OI				X	X			X	X		X	X
ED			X								X	
EC			X				X	X	X		X	X
EI	X	X						X	X		X	X
ND					X							X
NC	X	X	X		X	X						X
NI		X	X		X	X					X	
SD		X							X			
SC		X	X	X	X	X			X			
SI		X	X		X	X	X	X				

Figura N° 10: Matriz de Conflicto¹⁵

¹⁵Fuente: <http://www.sistemamid.com>

Las letras indican las orientaciones N (Norte), S (Sur), E (Este) y O (Oeste), así como también se tiene los sentidos de circulación D (giro a la derecha), C (Continuar recto), I (giro a la izquierda). Por ejemplo la combinación, “NC” sería la dirección norte siguiendo derecho. Las “X” indican casos no permitidos, las zonas pintadas son casos imposibles mientras que los espacios en blanco indican que se puede dar tal situación.

	OD	OC	OI	ED	EC	EI	ND	NC	NI	SD	SC	SI
OD						X		X				
OC						X		X	X	X	X	X
OI				X	X			X	X		X	X
ED			X								X	
EC			X				X	X	X		X	X
EI	X	X						X	X		X	X
ND					X							X
NC	X	X	X		X	X						X
NI		X	X		X	X					X	
SD		X							X			
SC		X	X	X	X	X			X			
SI		X	X		X	X	X	X				

Figura N° 11 Muestra a manera de ejemplo la decisión del algoritmo para un punto.¹⁶

Por ejemplo: para un punto en la matriz de conflicto donde pueda establecerse una situación tal como muestra la figura N° 11 donde un vehículo que circula en la dirección Oeste tiene giro hacia la derecha y puede seguir hacia el norte siguiendo una rotonda que le permita establecer el giro de vuelta hacia la dirección derecha.

¹⁶ Fuente: [http:// www.sistemamid.com](http://www.sistemamid.com)

3.4.2.3. Ventajas y desventajas del sistema de Redes con Sensores Inalámbricos

Ventajas

Dependen del tipo de sensor:

- ✓ Sensores de presión deben estar ubicados debajo del asfalto lo que implica dificultad de instalación y mantenimiento.
- ✓ Sensores ultrasónicos evitan gastos en la construcción vial.

3.4.3. Semáforos Inteligentes con Procesamiento de Imágenes

3.4.3.1. Funcionamiento

Mediante el procesamiento de imágenes utilizado sobre el control del tráfico es posible medir la densidad y estimar de acuerdo a los datos obtenidos, cuando es posible modificar los tiempos del semáforo. Estableciendo de esta forma parámetros a largo plazo que le servirá al sistema para establecer escenarios.

Características:

- Adquisición de imágenes: Se captura las calles vacías y la imagen con el tráfico actual. La imagen de la calle vacía se guarda como referencia.
- Se convierten ambas imágenes a RBG a escala de grises.
- Verificar coincidencia entre la imagen de referencia y la imagen con el tráfico actual. Se utiliza el método de detección de borde morfológica porque requiere menos cálculo computacional y también es capaz de extraer los bordes independientemente de su dirección.

Después de este último procedimiento de detección de bordes, los semáforos se pueden controlar basándose en el porcentaje de coincidencia.¹⁷

Ejemplo:

- Si la coincidencia es entre 0 a 10 %, la luz verde está encendida durante 90 segundos.
- Si la coincidencia es de entre 10 a 50%, la luz verde está encendida durante 60 segundos.

¹⁷ ESQUEDA, José Jaime. Fundamentos de Procesamiento de Imágenes. Univ. Autónoma de Baja California.

- Si la coincidencia es entre el 50 y el 70 %, la luz verde está encendida durante 30 segundos.
- Si la coincidencia es entre el 70 y el 90 %, la luz verde se enciende durante 20 segundos.
- Si la coincidencia es entre 90 y 100 %, la luz roja está encendida durante 60 segundos.

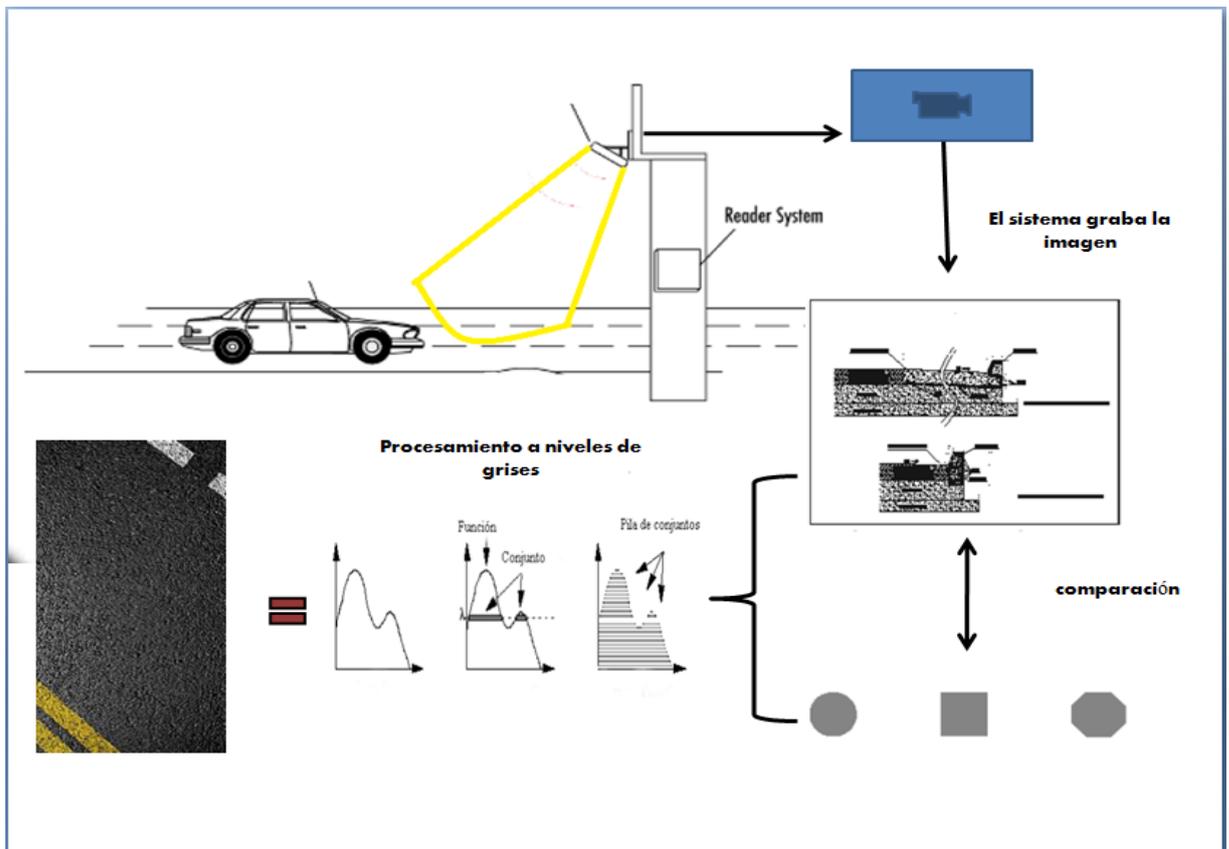


Figura N°12: Esquema de funcionamiento general
Fuente: Pablo Varela 29/01/2016

3.4.3.2. Ventajas y Desventajas de la Tecnología de Procesamiento de imágenes

Ventajas

- Alta definición de imágenes.
- Control de seguridad, dado que las cámaras también pueden capturar imágenes.

Desventajas

- Alto costo.

3.4.4. Semáforos inteligentes con Inteligencia artificial

En los semáforos con inteligencia artificial se utilizan una serie de componentes integrados que la hacen comprender y tomar decisiones de forma autónoma.

Los sensores son los encargados de captar datos y enviar mediante una señal a los equipos de tránsito con inteligencia neuronal. Estos entonces controlarán el modo de actuar de los semáforos, y dependiendo de la detección de congestión tomará una medida.

La inteligencia neuronal consiste en sí, misma, a diferencia de las otras tecnologías estableciendo un algoritmo capaz de ser lo más similar a la forma en que piensa un ser humano, para poder ponderar en tiempo real las situaciones o problemas que se le presentan de manera de establecer una instrucción que esté de acuerdo a la solución del problema que se le plantea.

3.4.4.1 Algoritmo de Inteligencia

Existen diferentes enfoques en cuanto al tipo de algoritmo a usar dependiendo del tipo de resultado, existiendo de : lógica difusa, algoritmos genéticos y refuerzo de aprendizaje.

Refuerzo de Aprendizaje

El algoritmo Refuerzo de Aprendizaje se basa en calcular tiempos de espera de los vehículos cuando estos están esperando el cambio de luces de los semáforos. Entonces mediante los sensores ubicados en el semáforo identifican la posición de cada vehículo en la cola y en base a esto debe ser capaz de tomar una decisión que permita minimizar el tiempo promedio de espera de cada vehículo.

Los controladores de tráfico inteligente también pueden sincronizarse, y de esta manera pueden estimar el tiempo en que un vehículo puede cruzar los semáforos de un enlace. Además, deben ser capaces de memorizar la lógica de los cambios de tiempos de luces que crea mejor para maximizar la ganancia, de manera de generar un tráfico fluido y evitar las colas de espera.

Lógica Difusa

La tecnología de lógica difusa permite crear reglas, basadas en forma similar en que los seres humanos piensan de manera de crear vínculos o escenarios distintos dependiendo de la situación planteada.

Ejemplo:

“Si el tráfico es más pesado en el norte o en el sur y en los carriles este u oeste es menor, entonces el semáforo debería permanecer en verde por más tiempo en los carriles norte y el sur.”¹⁸

La lógica difusa actúa de la siguiente manera:

- Determina la presencia y ausencia de vehículos con imágenes.
- Mantiene la luz verde por más tiempo en caso de mayor flujo de vehículos.
- Si un carril está vacío, busca un carril con vehículos y coloca en dicha vía el paso en verde.

¹⁸ Fuente: [http:// www.sistemamid.com](http://www.sistemamid.com) 29/01/2016

Para su funcionamiento se deben colocar dos sensores físicos de tipos electromagnéticos, ubicados a distintas distancias, uno en el semáforo y el otro a una distancia particular, de manera tal que al pasar un vehículo por el primero de los sensores cuente la cantidad de ellos y el otro sensor cuente el número de vehículos que cruzaron por el semáforo.

El algoritmo entonces comprueba la cantidad de vehículos que están en la cola de espera antes del cambio de luces y por lo tanto debe tomar una decisión para verificar a que calle darle prioridad.

3.4.4.2 Ventajas y Desventajas del sistema de Semáforos con Inteligencia Artificial

Ventajas

- Refuerzo de Aprendizaje
 - Utiliza algoritmo de programación dinámica para encontrar los valores precisos que permitan el óptimo funcionamiento en la programación de los microcontroladores, de manera de minimizar los tiempos en que los vehículos permanezcan en las colas de los semáforos.
- Lógica difusa
 - Su lógica es mantener la luz verde del semáforo cuando haya caudal de vehículos.

Desventaja

Tanto en refuerzo de aprendizaje como en lógica difusa se requiere de una alta capacidad de procesamiento para resolver el problema de la forma más justa posible.

Para el algoritmo de lógica difusa: Es un reto establecer la fórmula adecuada que se asemeje al pensamiento humano para la resolución de un problema de tipo electrónico además los sensores electromagnéticos deben estar instalados para cada calle a una determinada distancia de manera de establecer de forma precisa el conteo de vehículos.

3.4.5. Semáforos inteligentes Basados en SCADA

3.4.5.1 Funcionamiento

El funcionamiento de la red de semáforos inteligentes basados en SCADA, es obtener mediante una programación previa efectuada en los servidores de control, el óptimo funcionamiento de los microcontroladores colocados en los semáforos, en caso de que estos funcionen incorrectamente el sistema actúa con un aviso automático hacia los técnicos para su posterior reparación.

Los controladores SCT, que se incluyen en la caja de los semáforos se conecta a la red GPS y los técnicos lo calibran con la hora exacta y precisa en milisegundos para evitar desfasajes abruptos en los tiempos de cambio de luces en los semáforos.

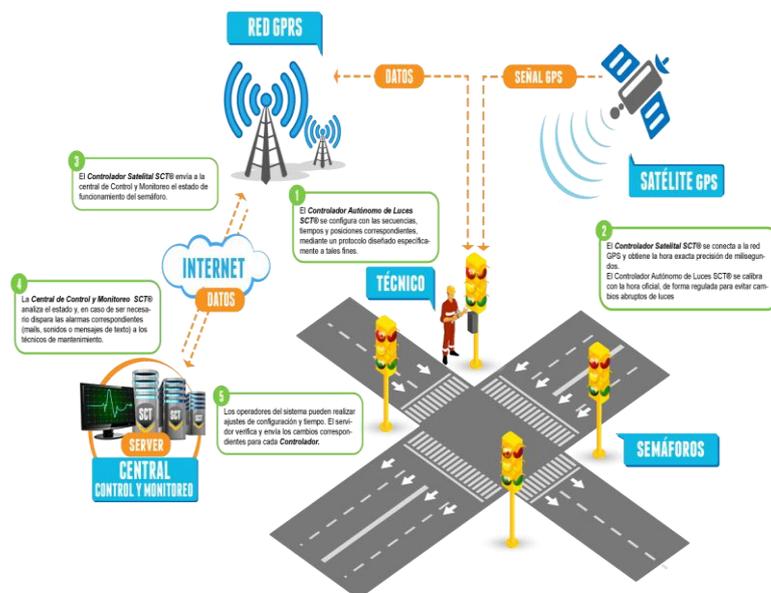


Figura N° 13: Esquema de semáforos basados en Red GPRS

Fuente : Pablo Varela 29/01/2016

3.4.5.2. Características Principales

- Central de Control y Monitoreo:

A través de SCADA y mediante un software intermedio serán los encargados de monitorear el funcionamiento óptimo de los microcontroladores.

- Control de datos:
 - Red GPRS: Es la red encargada del manejo de datos de los microcontroladores a SCADA y viceversa a velocidades de 56 a 114 Kbps .
 - Red GPS: El mismo utiliza los satélites de posicionamiento global (GPS), para obtener la hora exacta en los dispositivos SCT.
- Control de los semáforos mediante instrucciones manuales:

Los microcontroladores actúan mediante una programación configurada.

3.4.5.3. Ventajas de semáforos basados en SCADA

Ventajas

- Sincronización manual.
- Central de control y monitoreo de funcionamiento.
- Alertas inteligentes automáticas.

Desventajas

- En caso de falla detectado en los microcontroladores se debe efectuar el cambio manual por lo que el semáforo queda inhabilitado temporalmente.

3.4.6. Semáforos inteligentes basados en Sistemas Adaptativo SCOOT

SCOOT es un protocolo de control de tráfico, su función es administrar el flujo de tráfico en un área de manera de evitar las colas de esperas producidas en los semáforos. El protocolo establece decisiones en los semáforos que monitorea de manera de establecer cambios variables en los tiempos del ciclo de señal de forma inteligente durante el transcurso del día.

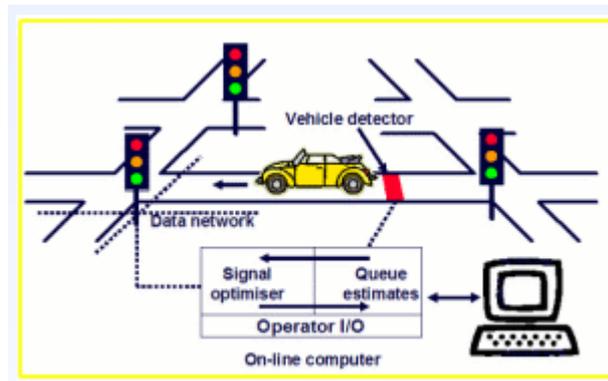


Figura N° 14 Muestra el funcionamiento físico del sistema SCOOT.¹⁹

El ejemplo muestra un vehículo aleatorio X que es detectado por el sensor y en donde el operador verifica si entra en cola de vehículos de manera de determinar qué cambio establecer en los tiempos de la señal del semáforo.

¹⁹ Fuente: <http://www.scoot-utc.com> 10/05/2016

3.4.6.1. Funcionamiento

SCOOT trabaja en conjunto con la central de monitoreo quien está en constante supervisión en el área proporcionada para el protocolo. El protocolo administra cada semáforo de manera independiente con un sensor de paso, ambos en conjunto reciben el nombre de enlace. Los semáforos administrados pueden trabajar en conjunto cuando reciben órdenes desde el operador en la central, como ejemplo, si se encuentran dos calles consecutivas el primer semáforo de estas calles debe mantener un valor apropiado para evitar congestión en el semáforo secundario de la calle posterior en caso contrario el operador deberá proporcionar cambios para evitar congestión.

Los semáforos administrados por SCOOT implementan un microcontrolador dentro de su plaqueta de circuitos encargados de hacer variar los tiempos de señal según el flujo de tránsito durante el transcurso del día para evitar congestión. Cada semáforo en un área controlada trabaja en conjunto con un sensor de paso (bobina inductiva), esta detecta unitariamente cada vehículo que viaja en su dirección, de esta manera se envían datos constantes a la central para establecer un análisis en tiempo real. Al recibir estos datos la central hace uso del programa SCOOT para crear perfiles de flujo cíclicos en su kernel (Figura N°15) correspondiente a los datos de cada vehículo que pasa por el sensor.

Observando los perfiles de cada vehículo el protocolo se encarga de modelar automáticamente los tiempos de señal en cada enlace según varíen las condiciones del tráfico para evitar una posible congestión.

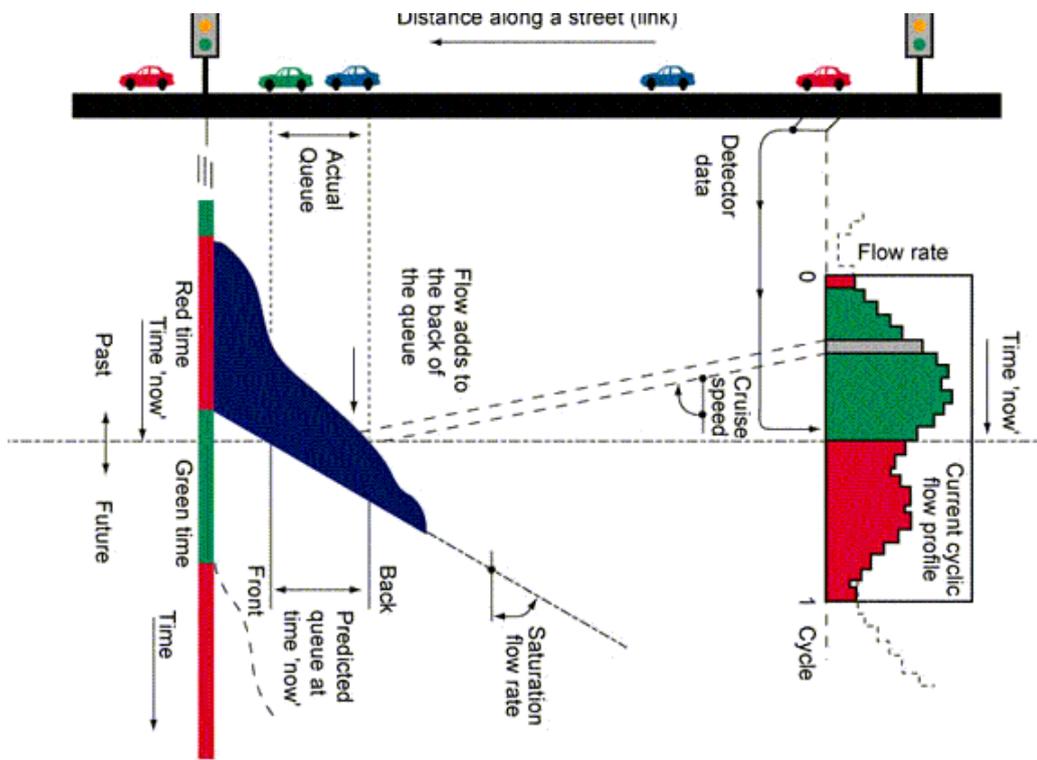


Figura N° 15 : Funcionamiento Algoritmo SCOOT.²⁰

²⁰ Fuente: <http://www.scoot-utc.com/>

3.4.6.2. Funcionamiento Específico

En cada enlace que supervisa SCOOT se verifica el perfil cíclico de cada vehículo que pasa a través del sensor, el cual mantiene una corriente con un valor en frecuencia. Este sensor contiene un circuito oscilador que reside en el mismo y que a cualquier cambio, hecho en instante de 10 ms, genera un cambio en el campo magnético y este en la inductancia, provocando así un modificación en el valor de la corriente en frecuencia, de esta manera, produce un valor eléctrico.

El valor eléctrico generado, produce un pulso eléctrico, el cual es manejado por un cable serial hacia el microcontrolador del semáforo y posteriormente el envío por cobre hasta el ONT que conecta con la fibra y este hacia el sistema de la central.

La central puede recibir distintos ON en secuencia en distintos instantes de tiempo y tiempos OFF en el que el sensor no está transmitiendo por cada calle que controla. SCOOT puede procesar los tiempos muertos y los tiempos en ejecución en su kernel para detallar información de lo que ocurre en este enlace. SCOOT por lo tanto puede aceptar tiempos de viaje por la fibra a valores comprendidos entre $(100 \text{ ms} < x < 200 \text{ ms})$.

Para que el sistema conozca la velocidad de los vehículos, sabe de antemano la distancia entre el sensor y el semáforo, la cual es de 70 metros generalmente y además, toma en cuenta el tiempo en que demora en pasar los dos ejes del vehículo por la masa metálica para así estimar el retardo de este vehículo al semáforo. Estos valores son calculados en base a los pulsos eléctricos obtenidos como datos en la central

Entonces conociendo la velocidad y los tiempos de ciclo de señal en los semáforos para un momento dado (rojo, amarillo o verde) el sistema reconoce los tiempos de acceso y puede identificar si el vehículo analizado pasa por el semáforo o queda en la cola.

De esta manera el sistema crea perfiles de flujo cíclico con los vehículos analizados.

3.4.6.3. Características Principales

- **Curva de Saturación:** Esta función presenta valores en base a los vehículos que se posicionan formando una cola (cola en SCOOT es tomado como el periodo de intervalos de 4 segundos donde existen vehículos en espera de paso) en un semáforo administrado por SCOOT. Esta función se encuentra en un programa privado que se utiliza desde la central SCOOT para medir y tomar decisiones en los tiempos de los semáforos.
- **CGIF:** Valor establecido al setear el sistema, diferente para cada enlace administrado por SCOOT, técnicamente es el valor matemático dado por la curva de saturación en cada semáforo independiente para el óptimo funcionamiento, según las condiciones del tráfico, establecidas por el flujo de los vehículos. (Figura N° 17)
- **Administrador de Congestión:** Incorporado en la versión MC3 de SCOOT, el cual, incorpora al sistema un componente de software que le permite el aviso automáticamente del sistema al operador y le determina cual es el valor óptimo CGIF en caso de congestión imprevista y cual enlace necesita este valor de cambio.
- **Protocolo de aplicación SNMP:** Permite establecer parámetros de control, mediante un componente de software que reside en los objetos a supervisar.
- **Protocolo de transporte UDP:** Protocolo de capa de transporte que permite el envío de paquetes desde un punto a otro sin establecer una conexión previa.
- **Red TCP IP (privada):** Permite el acceso a dispositivos desde la central al exterior y deniega el acceso a todo servicio exterior que intente acceder a la central.

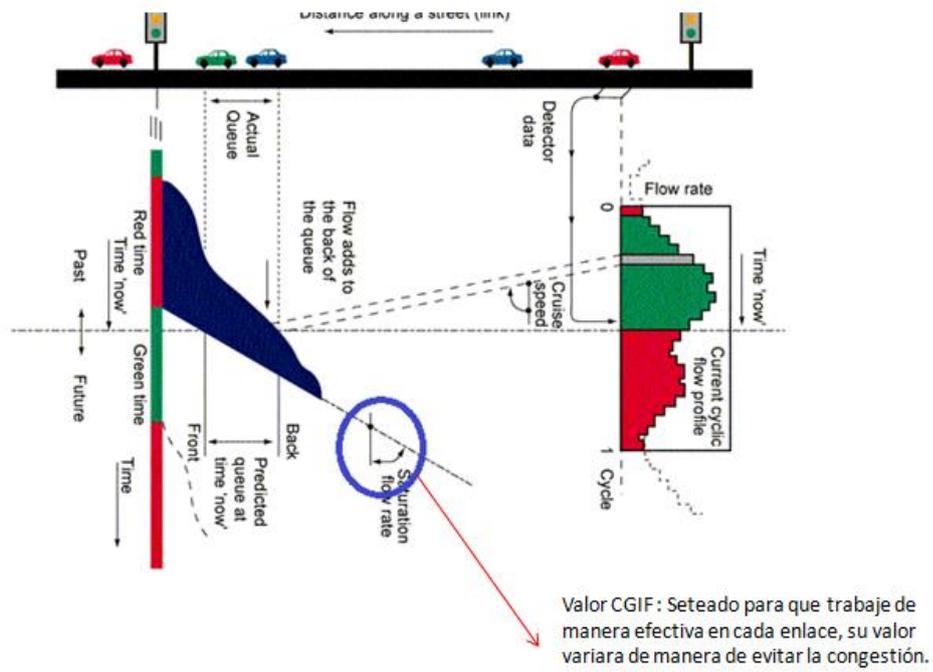


Figura N°17: Curva de Saturación referenciando valor CGIF.²²

²²Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

3.4.6.4. Ventajas de semáforos basados en protocolo SCOOT

Ventajas

- Fácilmente adaptable a la tecnología de semáforos existentes.
- Central de control y monitoreo.
- Algoritmo Robusto, determina la mejor solución al problema mientras el vehículo recorre los 70 y 100 metros antes del semáforo.
- Alertas inteligentes automáticas (administrador de congestión en modo Background).
- Semáforos Independientes (en caso de corte de fibra los microcontroladores siguen funcionando de forma aislada, pero se pierde momentáneamente el sistema adaptativo).
- Bajos costos de implementación y mantenimiento (estableciendo el esquema existente a los nuevos protocolos de control).
- Sistema inteligente: En caso de caída de fibra (corte) los microcontroladores poseen algoritmos programados, que actúan temporalmente, hasta reestablecer el sistema.

Desventajas

- Ante un eventual corte de fibra se pierde el sistema adaptativo.

3.5. Detalles Técnicos de Cada Tecnología de Semáforo Inteligente

3.5.1. Detalles de la Tecnología RFID

3.5.1.1. La tarjeta RFID

Conformado por una antena y un dispositivo decodificador.

Funciona a través de un módulo transmisor/receptor de Radiofrecuencia que recibe energía a través de una Fuente de poder.

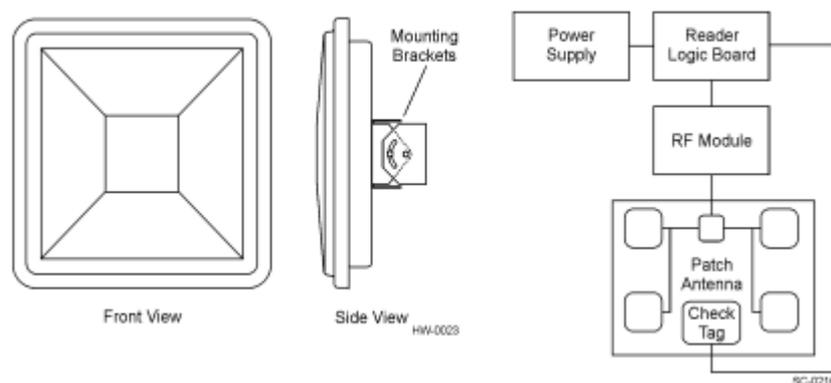


Figura N°18: Muestra las características de una Tarjeta RFID Vehicular ²³

²³ Fuente: <http://www.rfidcontrols.com> 30/11/2015

- Punto de acceso: Un punto de acceso inalámbrico (WAP o AP por sus siglas en inglés: Wireless Access Point) en redes de computadoras es un dispositivo de ruteo que interconectan elementos de comunicación inalámbricos para formar una red local. Normalmente un WAP también se puede conectar a una red cableada, para transmitir datos entre los dispositivos conectados a la red inalámbrica.
- Servidor de Datos: El servidor de Datos guardara la información referente a los TAGs de los vehículos.
- Acceso WAN: WAN básicamente es la forma de agrupar un conjunto de tecnologías que portan la información referente a los datos identificados en las etiquetas (TAG) de los vehículos y son enviados a la central, mediante una serie de protocolos.

3.5.2. Redes de Sensores Inalámbricos

3.5.2.1. TDMA

Acceso Múltiple por División de Tiempo, Utiliza un canal común para la comunicación, de forma tal que los datos sean enviados a la estación base.

En el sistema de Redes de sensores Inalámbricos se asignará un canal a un sensor que envíe datos a la Estación Base.

TDMA utiliza la función de tiempo compartido en ranuras. Por consiguiente brinda eficiencia energética cuando los nodos están activos mientras que en el caso opuesto sus espacios de tiempo no serán tomados en cuenta.

3.5.2.2. Utilización TDMA para los dispositivos

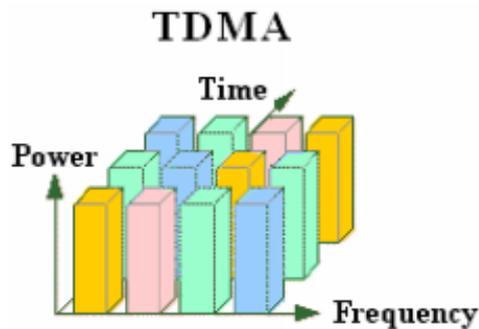


Figura N°19: Se indica con amarillo los espacios de tiempo ocupados.²⁴

La figura N° 19 muestra un ejemplo de la técnica TDMA, en donde controlando tres sensores, que necesitan ocupar el medio en un mismo canal de 30Khz, y con una misma frecuencia portadora asignado a 3 espacios temporales.

Por lo tanto, si uno de los sensores necesita ocupar el medio y no hay nadie ocupándolo puede ocupar dos de estos espacios, entonces necesitará uno para enviar y otro para recibir, quedando de los tres espacios solo uno que puede ser compartido por los otros dos sensores.

Si por consiguiente el primer dispositivo libera la conexión estos espacios serán ocupados o no en caso que lo necesiten.

²⁴ Fuente: <http://catarina.udlap.mx> 30/11/2015

3.5.3. Procesamiento de Imágenes

3.5.3.1. RGB

La combinación de los colores rojo, verde y azul, son los considerados como el conjunto de colores primarios de la luz, y por lo tanto con la combinación de estos, se pueden representar una gama muy amplia de colores visibles. La mezcla de los tres en iguales intensidades resulta en grises claros, que tienden idealmente al blanco.

La mezcla de los colores primarios da los siguientes resultados:

- Verde + azul = Cian
- Rojo + azul = Magenta
- Rojo + verde = Amarillo
- Rojo + azul + verde = blanco

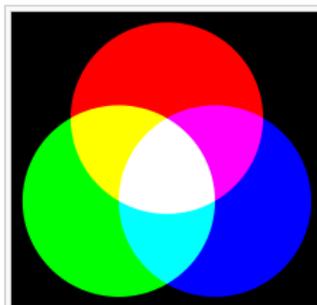


Figura N° 20: Muestra colores RGB combinados²⁵

²⁵ Fuente: <http://www.pergaminovirtual.com.ar> 29/01/2016

Las imágenes RGB utilizan tres colores para reproducir en pantalla hasta 16,7 millones de colores.

El modo RGB asigna un valor de intensidad a cada píxel que oscila entre 0 (negro) y 255 (blanco) para cada uno de los componentes RGB de una imagen en color. Por ejemplo, un color rojo brillante podría tener un valor Rojo de 246, un valor verde de 20 y un valor azul de 50.

Cuando los valores de los tres componentes son idénticos, se obtiene una matiz de grises. Si el valor de todos los componentes es de 255, el resultado será blanco puro y será negro puro si todos los componentes tienen un valor 0.

3.5.3.2 Tratamiento de la señal de vídeo RGB

El modelo RGB es utilizado en todos los sistemas que forman imágenes a través de rayos luminosos, ya sea emitiéndolos o recibidos. El sistema modelo RGB está compuesto por los tres componentes de colores primarios y una función de sincronismo.

Los componentes de color pueden ser transmitidos cada uno en forma independiente y aislados del resto, de esta forma no hay pérdidas en el tratamiento de la imagen.

Cuando se procesan imágenes RGB para ser enviadas a través de un medio compartido, este requerirá de un ancho de banda mínimo y dedicado para que estos datos lleguen sin problema al destino.

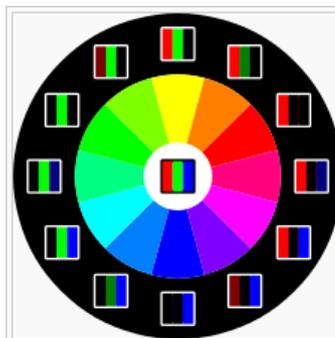


Figura N° 21: Imagen RBG referente a cada color cuando se envía triplicado.²⁶

²⁶ Fuente: <https://www.pinterest.com> 29/01/2016

3.5.3.3. Función de sincronismo

La señal de sincronismo es necesaria para poder marcar la pauta de guiado de la muestra de colores en pantalla, tanto en el sentido horizontal (el avance de la línea de imagen), como en sentido vertical (el salto a una nueva línea de imagen).

El sincronismo puede transmitirse principalmente de tres formas:

- Sincronismos separados (RGBHV): Mediante este método existen 5 señales cada una de las cuales contiene un componente de sincronismo de tipo horizontal HSync y otro de tipo vertical VSync, ambos independientes entre sí y entre las señales de colores.
- Sincronismo compuesto (RGSB): Mediante este método existen 4 señales de transmisión en la que cada una de ellas contiene toda la información de sincronismo horizontal y vertical, independiente de las señales de color.
- Sincronismo en verde (RGsB o SoG -Sync on Green-): Mediante este método existe una señal con toda la información del sincronismo horizontal y vertical multiplexada junto con la señal de color verde, para establecer el sincronismo entonces se debe llevar 3 de este tipo de señales.

3.5.3.4. Procesamiento morfológico

Para delimitar los objetos o regiones de interés, dadas por las imágenes tomadas sobre los vehículos o las superficies de las calles en donde aparecen píxeles mal clasificados, bordes imprecisos de los objetos o regiones que están solapadas se debe extraer más características de medio nivel, para una etapa de post-procesamiento. En esta fase se suele emplear para el tratamiento morfológico.

Es una técnica de procesamiento no lineal de la señal, caracterizada en realzar la geometría y forma de los objetos. Su fundamento matemático se basa en la teoría de conjunto que se extiende a las imágenes en niveles de grises.

Esta técnica se puede emplear tanto en las etapas de procesado, como también en las etapas de segmentación-postprocesado o en fases de mayor nivel de información visual.

3.5.3.5. Procesamiento morfológico de imágenes

El objetivo de las transformaciones morfológicas es la extracción de estructuras geométricas en los conjuntos sobre los que se opera, mediante la utilización de otro conjunto de forma conocida, al que se le denomina elemento estructurante. El tamaño y forma del elemento estructurante se elige, a priori, de acuerdo con la morfología sobre la que se va a procesar y en función de la obtención de formas que se desea extraer.



Figura N° 22: Elementos estructurantes usados en el procesamiento morfológico²⁷

²⁷ Fuente: <http://www.elai.upm.es> 29/01/2016

3.5.3.6. Tipos de Funciones para Procesamiento Morfológico de Imágenes

- Erosión binaria
- Dilatación binaria
- Procesamiento morfológico en niveles de grises
- Apertura y cierre
- Gradiente morfológico
- Top-hat

3.5.3.7. Procesamiento morfológico en niveles de grises

Las operaciones de erosión y dilatación son crecientes, respetan el orden presente en la estructura del conjunto.

$$\begin{aligned} \text{Si } f \leq g &\Rightarrow \varepsilon(f) \leq \varepsilon(g) \\ \text{Si } f \leq g &\Rightarrow \delta(f) \leq \delta(g) \end{aligned}$$

Gracias a esta propiedad, las operaciones morfológicas pueden extenderse del caso binario a la escala de grises, puesto que estas últimas señales pueden expresarse como una suma ponderada de imágenes binarias. Desde un punto de vista formal, una función puede ser vista como una pila de conjuntos decrecientes. Cada conjunto es la intersección entre el umbral de la función y un plano horizontal.

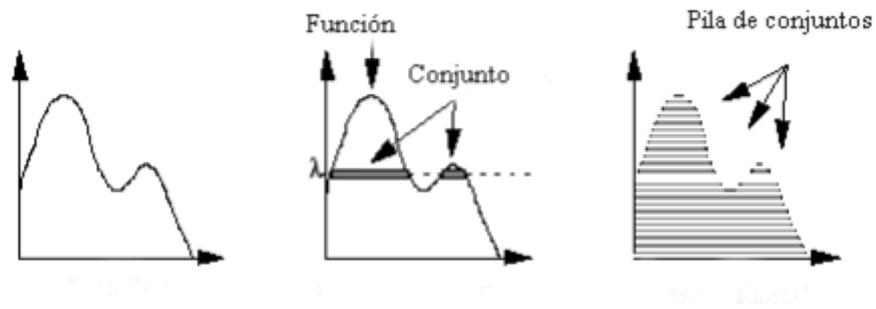


Figura N°23: Función en base al plano horizontal²⁸

La erosión de una función en un punto será el valor mínimo de la función dentro de la ventana definida por el elemento estructurante, B , cuando el origen de B esté situado en dicho punto. La dilatación de una función será la operación dual. Retornará el valor máximo de la función definido por el elemento estructurante:

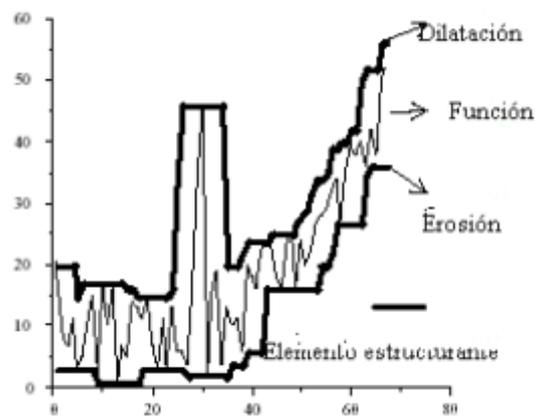


Figura N°24: Grafica del elemento estructurante²⁹

²⁸ Fuente: <http://www.elai.upm.es> 29/01/2016

²⁹ Fuente: <http://www.elai.upm.es> 29/01/2016

$$\begin{aligned}\varepsilon_B(f) &= f \ominus B = \min(f(x-y), y \in B) \\ \delta_B(f) &= f \oplus B = \max(f(x-y), y \in B)\end{aligned}$$

El resultado de la erosión sobre imágenes en niveles de grises hace que la imagen de salida sea más oscura. La imagen resultado de la dilatación es una imagen más clara.

3.5.4. Inteligencia artificial

3.5.4.1. Lenguaje de Descripción de Hardware (VHDL)

Descripción

"El lenguaje VHDL está diseñado para cubrir varias necesidades que surgen durante el proceso de diseño. Permite realizar una descripción funcional o de comportamiento del circuito, utilizando técnicas procedimentales y familiares de programación. Permite describir la estructura de diseño y declarar las entidades y subentidades que lo forman especificando una jerarquía entre las mismas y como son sus interconexiones." ³⁰

Por último permite simular el diseño y sintetizarlo con herramientas de síntesis especiales, permitiendo su manufacturado y encapsulado como un microcircuito.

³⁰ Fuente: <http://sedici.unlp.edu.ar> 29/01/2016

VHDL describe comportamiento

Cuando comienza la fase de diseño de un sistema electrónico digital, resulta útil realizar una descripción funcional o comportamiento del mismo. Una descripción VHDL, usualmente, está compuesta por un conjunto de entidades y subentidades.

Su comportamiento resulta necesario durante la fase de simulación del sistema. En este punto es conveniente realizar una descripción funcional del componente, que podrá ser utilizada como versión previa para simular el sistema final. Sin embargo la descripción funcional no hace referencia a la estructura interna del componente, que es visto como una caja negra, sino sólo se refiere a su funcionamiento.

La descripción funcional se divide a su vez en dos, dependiendo del nivel de abstracción y del modo en que se ejecutan las instrucciones. Estas dos formas se denominan algorítmicas y de flujo de datos.

VHDL describe estructura

Un sistema electrónico digital puede ser descrito como un módulo con puertos de entrada y de salida. Los valores de los puertos de salida son una función de los valores de los puertos de entrada y del estado del sistema.



Figura N°25: VHDL mediante modulo³¹

³¹ Fuente: <http://sedici.unlp.edu.ar> 29/01/2016

Una manera de describir un componente o sistema digital es a través de los componentes que lo forman. Cada componente es la instancia de alguna entidad. Sus respectivos puertos están interconectados por señales.

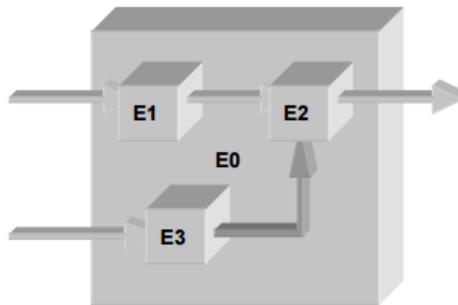


Figura N°26: VHDL estructural o de estructura.³²

VHDL como lenguaje de programación

La sintaxis del lenguaje se ha basado en el lenguaje de programación ADA que también es un estándar definido por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos de América. La elección de utilizar el lenguaje ADA, como modelo para VHDL proviene del hecho de que ADA tiene una orientación hacia sistemas de tiempo real y hardware sin limitación de la arquitectura.

³² Fuente: <http://sedici.unlp.edu.ar> 29/01/2016

3.5.4.2. Dispositivo CPLD

Un CPLD (Complex Programmable Logic Device) extiende el concepto de un PLD a un mayor nivel de integración ya que permite implementar sistemas más eficientes porque utilizan menos espacio, mejoran la confiabilidad en el circuito, y reducen costos.

Un CPLD se forma con múltiples bloques lógicos, cada uno similar a un PLD. Los bloques lógicos se comunican entre sí utilizando una matriz programable de interconexiones lo cual hace más eficiente el uso del silicio y conduce a un mejor desempeño.

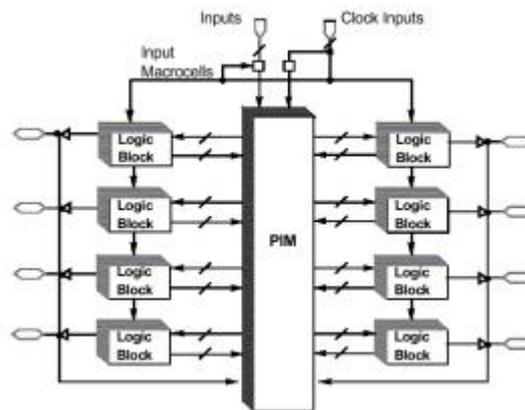


Figura N° 27: Arquitectura Básica de un sistema CPLD³³

³³ FLOYD, Thomas. Fundamentos de sistemas digitales (9ª edición, Pearson, 2006).

3.5.4.3. Controlador de Lógica Difusa

El controlador de lógica difusa provee un entorno de programación ideal para resolver problemas de forma similar al razonamiento humano, sin necesidad de ajustarse tan rigurosamente a la programación de sistemas matemáticos exactos. El controlador de lógica difusa utiliza un sistema de programación matemático que extiende la lógica bivaluada, de esta forma es posible aún sin tener un modelo de programación matemático exacto resolver problemas globales.

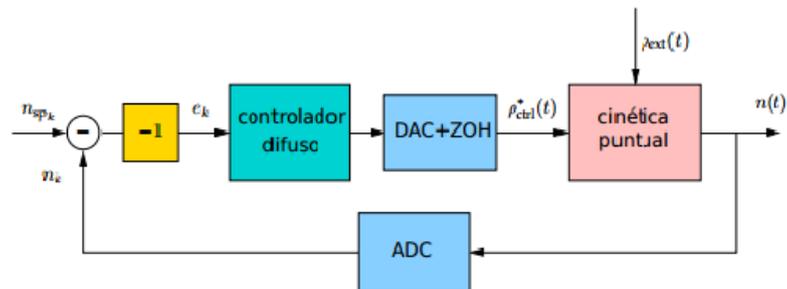


Figura N°28: Esquema de control difuso para las ecuaciones de cinemática puntual.³⁴

³⁴ Fuente: <http://ricabib.cab.cnea.gov.ar>

3.5.5. Red GPRS

3.5.5.1. SCADA

Su definición formal es “Sistema de adquisición y control de Datos”. Se trata de una aplicación de software especialmente diseñada para funcionar en la PC y tomar el control de la producción, proporcionando de esta forma comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde su pantalla.

Características de SCADA

- Deben ser un sistema de arquitectura abierta, capaz de crecer o adaptarse según las necesidades.
- Debe ser capaz de adaptarse al entorno que desea tener control.
- La comunicación debe ser transparente, fácil y de rápido acceso a los dispositivos de campo.

3.5.5.2 PLC

Controlador Lógico Programable, o P.L.C. es un dispositivo diseñado específicamente para la automatización industrial, para el control de maquinaria o proceso industrial su tecnología interna es similar a un hardware de computadora pero a diferencia de una PC tradicional, un PLC no tiene teclado, pantalla, ni ratón, tampoco tiene disco duro ni Windows.

Sus componentes internos son similares al Hardware de una PC, están constituidos por un procesador, memoria, puertos de comunicación y un software que es un sistema operativo (Firmware) con una programación específica para la aplicación que se requiera usar.

Los PLC, además, contienen múltiples canales para medir distintas señales que provienen de las máquinas o procesos que se quieren controlar.

3.5.5.3. Tipos de Redes

RED GPRS

Básicamente GPRS es una tecnología que comparte el rango de frecuencias de la red GSM utilizando una transmisión de datos por medio de “paquetes de datos”. La conmutación de paquetes es un procedimiento más adecuado para la transmisión.

Características GPRS

- Mayor velocidad y mejor eficiencia de la red.
- Conexión permanente. Tiempo de establecimiento de conexión inferior al segundo.

Ventajas del Sistema GPRS

- Característica de "Always connected" provee la seguridad de que podrá establecer conexión con los dispositivos de campo en forma permanente, si es necesario.
- Considerado un sistema de tipo Full dúplex por lo que los dispositivos pueden enviar y recibir datos.

3.5.5.4. Red GPS

La red GPS es una red dispuesta a cumplir muchas funciones de acuerdo para lo que sea requerida, su función básica es establecer la localización exacta en coordenadas y tiempo de un dispositivo.

Características de la RED GPS

- Sincronismo.
- Precisión.
- Tiempo exacto sin desbordes.

3.5.6. Sistema Adaptativo SCOOT

3.5.6.1. Características Técnicas de la Comunicación

El contacto seco (sensor inductivo): en los terminales A y B Figura N° 29, no se va medir ninguna tensión ante los estados abierto y cerrado del relé. Es decir es un contacto vulgar y silvestre. Este contacto es el encargado de establecer conexión entre el sensor inductivo y el pasaje de datos hacia el microcontrolador.

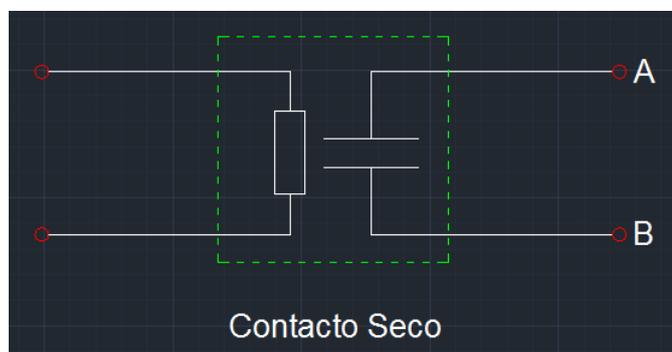


Figura N° 29: Representación Contacto Seco.³⁵

³⁵Fuente: <http://fidelsmc.blogspot.com.ar> 14/04/2016

RS-232 (Conexión Contacto seco): Para hacer posible la comunicación entre los dos dispositivos tanto el microcontrolador como el sensor inductivo, es necesario tener en cuenta un diagrama de conexión, el cual define un relé controlador por RS-232 (figura N°30) quien permitirá conectar el cable serial con la extensión del cable RS-485 y la conexión con el contacto seco mediante un sensor inductivo que le pasará datos en los distintos tiempos que sean detectados los vehículos.

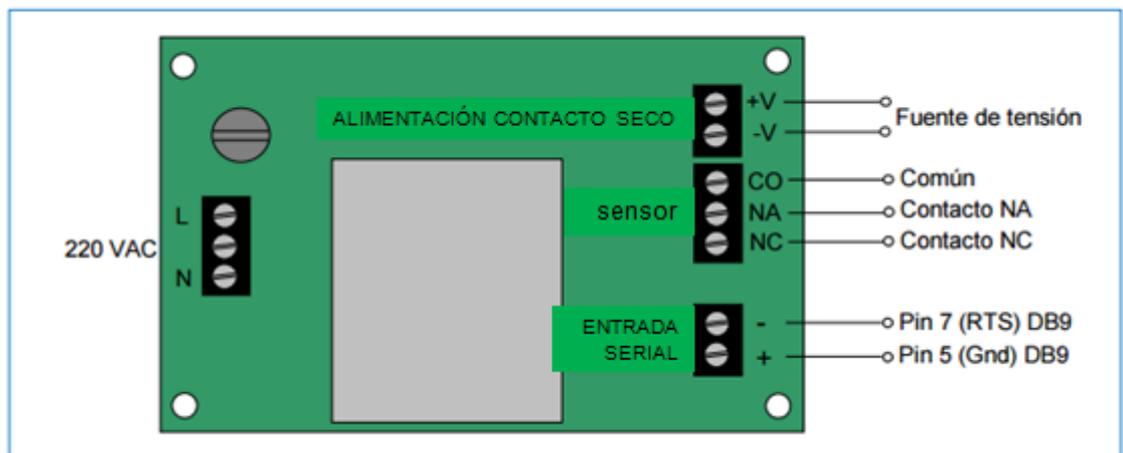


Imagen N° 30: Muestra un Relé controlador para datos RS-232.³⁶

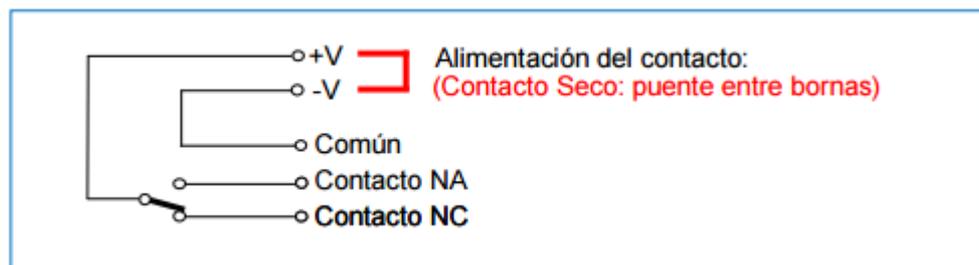


Imagen N°31: Muestra la alimentación del Relé hacia el contacto seco.³⁷

³⁶ Fuente: <http://www.desico.com>

09/05/2016

³⁷ Fuente: <http://www.desico.com>

09/05/2016

RS-485: Para hacer posible la conexión desde el sensor hasta el microcontrolador es necesario tener en cuenta la distancia, ya que la distancia máxima permitida para el protocolo RS-232 es de 15 metros. Dado que la distancia aproximada desde el sensor hasta el microcontrolador es de 70 metros se debe tomar en cuenta una extensión a RS-485.

Convertor RS-232/RS-485: Para poder extender el cable RS-232 a RS-485 se hace necesario el uso de un convertor, encargado de adaptar los datos desde un protocolo hacia el otro.

Para nuestro análisis se eligió un convertor modelo C16485P de la marca "JMIndustrial" con características de importancia a destacar:

- Transmisión: Distancia máxima 1800 metros.
- Velocidad : 115,2 Kbps.
- Control de envío: Detecta automáticamente la dirección de transferencia de datos.
- Detección de Frecuencia: Detecta automáticamente la frecuencia de la señal serial.
- Comunicación:
 - Señal RS-232: TX, RX,GND.
 - Señal RS-485: D+,D-,GND.
 - Rateó de banda: 300-115200 bps.
 - Frecuencia: Probada automáticamente.
 - Conector: para RS-232 DB9 Hembra, para RS-485 DB9 macho a RJ-45.



Figura N° 32 Convertor RS-232/RS-485 marca "JM Industrial"³⁸

³⁸ Fuente: <http://www.jmi.com.mx>

Convertor RS-485 a RS-232: Para la recepción de señal en el extremo opuesto (llegando al microcontrolador) hace necesario el uso de otro convertor de RS-485 a RS-232 nuevamente.

Con características:

- Half Duplex.
- Transmisión Diferencial.
- Medios de transmisión: Par trenzado o apantallado.
- Velocidad de Transmisión: 300-115200 bps.
- Distancia de transmisión: 1200m (RS-485) y 5m (RS-232)



Figura N°33 Convertor RS-232/RS-485³⁹

³⁹ <http://es.aliexpress.com/>

3.5.6.2. Red Privada Virtual (VPN)

Una red Privada virtual o VPN, es una tecnología de Red, que extiende la lógica de seguridad. Su función es hacer que los paquetes de datos viajen de un punto remoto a otro mediante un red pública y que lleguen a su destino en forma estable, por lo tanto, se hace necesario que el sistema deba brindar encriptación para los mismos.

En una VPN los operadores ven la red como si los dos segmentos distantes estuvieran en la misma LAN. Sin embargo los operadores están trabajando remotamente con direcciones y privilegios asignados conectados a otros dispositivos en forma remota.

La idea de crear una VPN es un proceso que se normaliza en tres partes :

Por un lado se hace necesario que el sistema pueda pasar paquetes IPs. a través de un túnel por una red pública.

Segundo: al utilizar protocolos de encriptación se agrega seguridad por lo tanto estos paquetes no pueden ser espiados en la red pública.

Tercero: el sistema debe ser capaz de autenticar a las dos partes remotas en cuestión.

Ventaja: La ventaja para nuestro análisis de proyecto es sobre todo para establecer un enlace por internet que brinde:

- Acceso.
- Confiabilidad
- Integridad
- Confidencialidad de los datos.

Conceptos VPN

Túnel Obligatorio

La empresa proveedora es la encargada de establecer mediante un servicio VPN un enlace con los dispositivos finales. Este túnel VPN será permanente ya que la conexión de control debe ser constante.

El protocolo L2F funciona solo para túneles obligatorios.

VPN de Acceso Remoto

Provee acceso remoto a la intranet (red interna de la empresa) o extranet (red externa a la empresa) corporativa a través de una red pública, conservando las mismas políticas, como seguridad y calidad del servicio, que existen en la red privada.

Permite el uso de múltiples tecnologías como discado, ISDN, xDSL, cable, o IP para la conexión segura de usuarios móviles, telecommuters o sucursales remotas a los recursos corporativos

Principales Protocolos de la Red Privada Virtual (VPN)

L2F: Es un protocolo de transmisión que permite que los servidores de acceso de marcación incluyan el tráfico de marcación en el Protocolo Punto a Punto (PPP), y lo transmitan sobre enlaces WAN hacia un servidor L2F (un ruteador). Luego, el servidor L2F envuelve los paquetes y los inyecta en la red

PPP: Este es un protocolo de control de enlace su función es establecer, mantener y concluir la conexión física.

L2TP: Este protocolo se utiliza para dar información adicional en la cabecera de los datos con el fin de transportarlos a través de la red. Su función principal es encapsular las tramas que viajan sobre una conexión PPP. En nuestro proyecto este protocolo nos brinda una solución óptima, ya que al trabajar con IP y utilizar el protocolo de no establecimiento de conexión (UDP) que son los factores que lo diferencian del protocolo PPTP que solo trabaja con IP, L2TP en cambio, trabaja con IP y además con UDP.

IPSec: IPSec (abreviatura de Internet Protocol security) es un conjunto de protocolos cuya función es asegurar las comunicaciones sobre el Protocolo de Internet (IP) autenticando y/o cifrando cada paquete IP en un flujo de datos. IPSec también incluye protocolos para el establecimiento de claves de cifrado.

Los protocolos de IPSec actúan en la capa de red, la capa 3 del modelo OSI. Mientras que otros protocolos de seguridad para Internet de uso extendido, como SSL, TLS y SSH operan de la capa de transporte (capas OSI 4 a 7) hacia arriba.

"Esto hace que IPSec sea más flexible, ya que puede ser utilizado para proteger protocolos de la capa 4, incluyendo TCP y UDP."⁴⁰

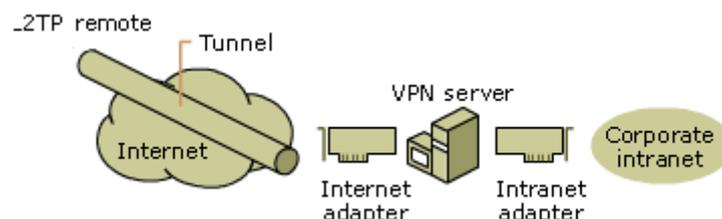


Figura N° 34: Muestra el esquema de una Red VPN utilizando el protocolo L2TP⁴¹

⁴⁰ Fuente: <http://laurel.datsi.fi.upm.es/> 08/06/2016

⁴¹ Fuente: <https://msdn.microsoft.com/> 08/06/2016

3.5.6.3. Tecnología PON Fibra óptica

Esta es la tecnología de fibra óptica encargada de establecer la conexión con el ONT, que es el dispositivo encargado de convertir los valores que viajan por la fibra a valores de tensión que viajarán por cable de cobre hacia el microcontrolador.

Sus características son

La red óptica pasiva con capacidad de Gigabit (GPON) es una tecnología estándar de las redes PON con velocidades superiores a 1 Gbit/s encargada de soportar todos los servicios, tanto voz (TDM , SONET, como SDH), ETHERNET (10-100 base T), su alcance máximo está entre 20-60 Km y varía dependiendo de la atenuación máxima capaz de soportar entre (la potencia máxima establecida por Línea terminal óptica (OLT) menos la potencia mínima que es capaz de percibir la Red terminal óptica (ONT)).

Por último esta fibra óptica puede soportar tasas de bits variables, tanto simétrico (velocidad de subida y bajada de igual forma) como asimétricas con diferentes velocidades; conceptualmente utiliza 2 métodos distintos para establecer los datos de subida y de bajada. Utilizando de bajada (TDM) y de subida (TDMA) con control de acceso al medio para evitar colisiones.

TDM : El Acceso múltiple por división de tiempo (Time División Múltiple Access o TDMA, del inglés) es una técnica de multiplexación que distribuye las unidades de información en ranuras ("slots") alternas de tiempo, proveyendo acceso múltiple a un reducido número de frecuencias.

También se podría decir que es un proceso digital, que se puede aplicar cuando la capacidad de la tasa de datos de transmisión es mayor que la tasa de recepción datos necesaria por los dispositivos emisores y receptores. En este caso, múltiples transmisiones pueden ocupar un único enlace, subdividiéndose y entrelazándose los paquetes en ranuras temporales.

TDMA : TDMA representa el acceso múltiple por división de tiempo (Time-División Múltiple Access), y utiliza el mismo concepto que FDMA, o acceso múltiple por división de frecuencia (Frequency-Division Múltiple Access), la técnica es utilizar en un mismo canal mediante una frecuencia establecida una división para proporcionar dos subcanales o mas, que permitan espacios de tiempos para diferentes transmisores de datos.

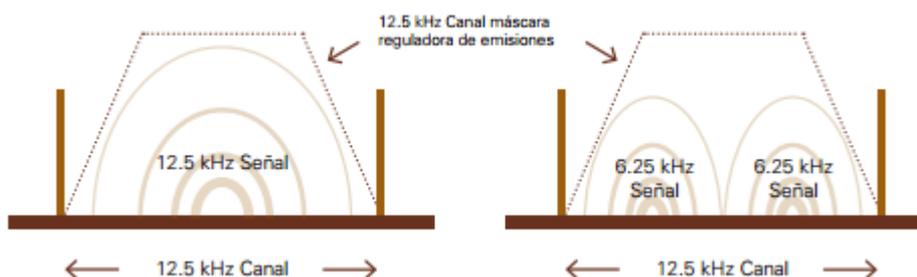


Figura N°35: Indica la técnica FCMA para un canal de 12,5 KHz.⁴²

	EPON	GPON
Estándar	IEEE 803.2 ah	ITU-T G.984
Ancho de Banda	- Hasta 1,25 Gbps simétrico	- Simétrico o asimétrico hasta 2.5/1.25 Gbps de DL/UL*
Downstream (nm)	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)	1490 (voz y datos IP) y 1.550 (video RF)
Upstream (nm)	1.310	1.310
Transmisión	Ethernet	ATM, Ethernet, TDM

Figura N°36: Comparación estándares PON.⁴³

"La fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de soportar los servicios de nueva generación."⁴⁴

⁴²Fuente: <https://www.motorolasolutions.com> 09/05/2016
⁴³Fuente: <https://sx-de-tx.wikispaces.com> 17/04/2016
⁴⁴Fuente: <http://www.ramonmillan.com> 17/04/2016

3.5.6.4. Dispositivos utilizados para la distribución de datos

Placa de red para el microcontrolador: Es un dispositivo que le permite al controlador conectarse a ETHERNET mediante una dirección IP. Mantiene la función del Stack TCP/IP.



Figura N°37: Placa de Red para microcontrolador.⁴⁵

Splitter ópticos: Un splitter óptico es un dispositivo pasivo (no requiere alimentación eléctrica) encargado de dividir la señal óptica que entra por un extremo en varias señales de salida. Este concepto se asocia a multicast y es en la forma que trabaja la tecnología PON, en la cual la trama lleva información en su cabecera para repartir los mismos datos a un grupo particular.

Para nuestro estudio este splitter óptico cumplirá la función de dividir la señal en 20 repeticiones distintas para los 20 ONTs ubicados en la zona de administración SCOOT.



Figura N°38: Splitter óptico.⁴⁶

⁴⁵Fuente: <http://www.geekfactory.mx>

17/04/2016

⁴⁶Fuente: <http://www.chinacheerwe.com>

17/04/2016

OLT (Línea Terminal Óptica): Es un dispositivo activo (recibe alimentación eléctrica) conectado desde el interior de la central mediante cobre (pudiendo ser un router o swicht administrable), establece la salida hacia el exterior de la central mediante fibra formando parte del esquema de la tecnología PON.

La diferencia con un router es que este dispositivo proporciona una alta fiabilidad en el manejo de los datos a altas velocidades (arriba de los Gigabits), también suministra un equipo especial encargado de la conversión cobre a fibra. Por el contrario un router es encargado de dividir dos redes con la diferencia de que en ambas salidas se utiliza cobre y por lo general se maneja en el interior del abonado con la máxima velocidad que proporciona la LAN pero en su salida manejará la velocidad brindada por el proveedor.

Sin embargo, el OLT se asimila a un router por que también redirecciona los paquetes mediante su tabla de ruteo hacia los distintos saltos (otros routers) que corresponda según la dirección de la cabecera.



Optical Line Terminal (OLT) - Unidad Óptica Terminal de Línea

Figura N°39: Equipos GPON (OLT).⁴⁷

ONT (Red Terminal Óptica): Será el dispositivo encargado de convertir la señal de datos que viaja por la fibra, a valores de tensión correspondiente para que estos viajen por cobre y viceversa, básicamente, se lo puede comparar con un Modem pero en el cual este establece una conversión pero a nivel físico.

Existen ONTs para exteriores encargados de soportar lluvias y distintas temperaturas

⁴⁷ Fuente: <http://www.ramonmillan.com>

Caja Exterior : Este dispositivo será el encargado de brindar protección ambiental a los ONT que se coloquen para distribución del cableado de cobre.



Figura N°40: Caja exterior para almacenaje ONT.⁴⁸

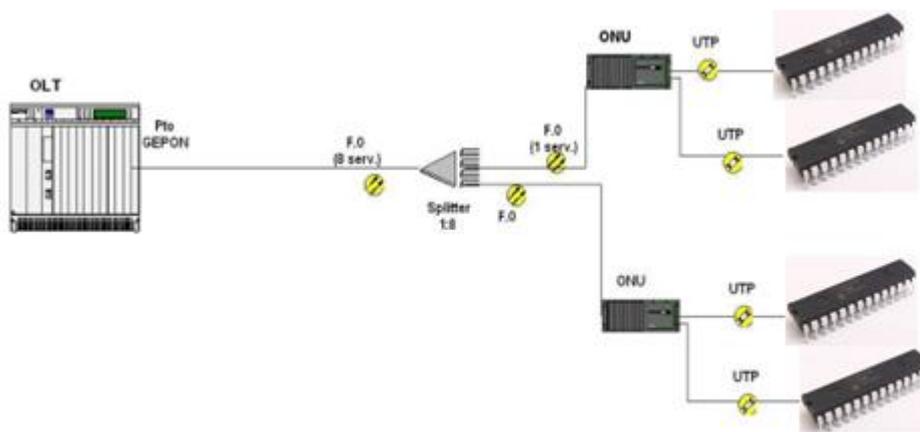


Figura N°41: Conexión Fibra Tecnología PON.⁴⁹

⁴⁸ Fuente: <http://www.ebay.com> 17/04/2016

⁴⁹ GOVING P, AGRAWAL. " Fiber-optic Communication Systems" John Wiley & Sons Inc, 2002

3.5.6.5. Dispositivos de Control y detección

Swicht Administrable: Dispositivo encargado de distribuir los paquetes dentro de la red LAN en la central, que manejan los operadores SCOOT permitiendo establecer configuraciones.

La función primitiva del swicht es analizar su tabla MAC para encaminar los paquetes dentro de la red LAN identificando mediante la cabecera de los mismos al puerto de salida que corresponde. El término administrable especifica que es un swicht apto para ser configurado.

3.5.6.6. Funcionamiento de la Bobina Inductiva

Un Sensor de Flujo Vehicular de Lazo Inductivo se basa en el fenómeno físico de la Inducción Electromagnética y está compuesto de tres componentes fundamentales: el lazo o inductor, el oscilador y el frecuenciómetro. Su funcionamiento viene dado, en que al ser parte el inductor de un circuito oscilador, a cualquier cambio en la inductancia de este genera un cambio en la frecuencia de oscilación, la cual es medida y utilizada como criterio para detectar el cruce de un vehículo por encima del sensor.

El circuito oscilador se compone de una o más vueltas de cable aislado insertado en el pavimento. Cuando un vehículo lo atraviesa o se detiene encima de este, se inducen corrientes en el circuito y disminuye la inductancia del lazo, esto trae como consecuencia el desbalance del mismo.

La función del sensor es detectar mediante algún cambio proporcionado en el campo magnético y generar una corriente con un valor en frecuencia dado, cuando un vehículo cruza el detector. Aplicando un oscilador tipo LC, que ayuda en la variación de la inductancia modificando la frecuencia de oscilación.

La principal ventaja del sensor inductivo viene dada por la gran energía acumulada al contacto con el vehículo se produce un mínimo desbalance lo que conlleva a generar la corriente en frecuencia, además, es insensible a inclemencias del tiempo y ofrece una buena exactitud para el conteo de vehículos.



Figura N°42: Sensor inductivo Modelo VMD 202⁵⁰

⁵⁰ Fuente: <http://www.sensorstecnic.net>

3.5.6.7. Cable resistente a altas temperaturas

Dado que al sensor inductivo se lo coloca con brea caliente en la calle es necesario el uso de un cable resistente a altas temperaturas por lo tanto es conveniente la aplicación de un tipo de cable apto para esta tarea.

"SILAM-H05S-K_HAR" con silicona cumple estas condiciones:

Cables Certificados AENOR <input type="checkbox"/> HAR <input type="checkbox"/> Tipo H05S-K		
 <p>Empaquetado / Packing</p> <p>Madeja / Coil Bobina / Spool Bidón / Barrel</p>	Tensión de servicio / Nominal Voltage	500 V.
	Tensión ensayo / Test Voltage	2000 V.
	Tª de servicio / Operating Temperature	-60° / +180°C. (Max. 250°C)
	Conductor / Copper Conductor	Cobre Pulido ó Estañado / Bare or Tinned Copper IEC 228, HD 383 y UNE 21.022 Clase 5/ Class 5
	Aislamiento / Insulation	Elastómero de Silicona / Silicon Elastomer *E12* HD 22.3 S3 y UNE 21.027/3
	Normas de referencia / Standars	HD 22.3 S3 y UNE- EN 21.027-3
Marcado exterior del cable / Printed		

Sección / Cross Section (mm ²)	Composición del cobre / Conductor Costruction (NPhilosx2)	Resistencia Eléctrica / Electric Resistance (Ω/Km)	Diámetro Exterior / Overall Diameter (mm)	Espesor aislamiento / Insulation Thickness (mm)	Tensión perforación / Breakdown voltaje (V.)	Diám. ext. Máx. / Max. Overall diameter (mm)
0.50	16 x 0.20	< 40.1	2,5	0,8	> 5.000	3
0.75	24 x 0.20	< 26.7	2,8	0,8	> 5.000	3.2
1	32 x 0.20	< 20.0	2,9	0,8	> 5.000	3.4
1.5	30 x 0.25	< 13.7	3,4	0,9	> 5.000	4
2.5	50 x 0.25	< 8.21	4,0	1.0	> 5.000	4.7

Figura N° 43: Conductor eléctrico para alta temperatura y características.⁵¹

⁵¹ Fuente: <http://www.silam.com>

3.5.6.8. Comunicación de Bajo nivel

A nivel aplicativo: Desde la aplicación que administra el Kernel SCOOT, se utiliza el protocolo SNMP el cual será el encargado de establecer el estado de control sobre los microcontroladores de los semáforos, mediante la plaqueta de red anteriormente mencionada que mantiene el Stack TCP/IP.

A nivel de Transporte: El protocolo UDP (protocolo de transporte), mantendrá una sesión con el protocolo SNMP, de manera de enviar los paquetes hacia los microcontroladores sin previo estado de conexión, por lo tanto los paquetes de control no llegarán con un orden, tampoco se establecerá sincronización. UDP se basa en el manejo de la trama fiándose de que lleva suficiente información de ruteo en su cabecera.

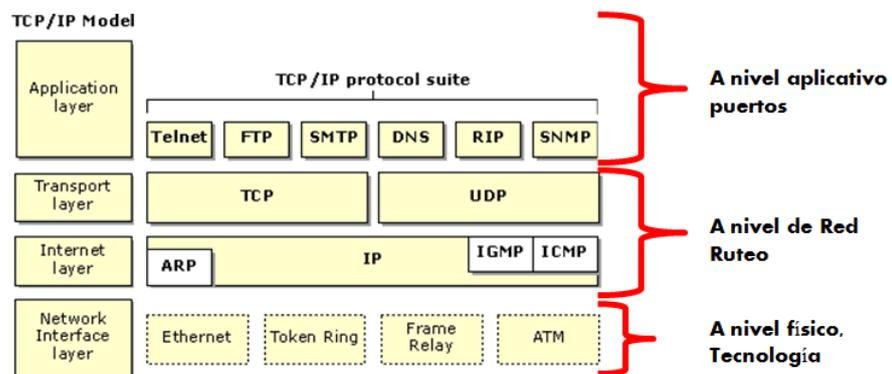


Figura N° 44: Esquema representativo de los protocolos⁵²

⁵² Fuente: <https://msdn.microsoft.com> 30/01/2016

3.6. Casos de Éxito por Tecnología

3.6.1 Tecnología LED convencional

Diferentes estudios realizados en países de Europa y EE.UU reflejan los siguientes resultados:

- La experiencia en la ciudad de Estocolmo (Suecia), de más cuatro años de aplicación de diodos LED para señales luminosas rojas y dos años con sistemas completos con los tres colores, ha arrojado excelentes resultados en cuanto a la fiabilidad de los sistemas y ahorro energético.
- La ciudad de Manhattan y en la ciudad de Kansas (EEUU), se ha probado la tecnología LED en señales luminosas rojas en semáforos durante varios años. Inicialmente se utilizaron para señalización de giros a la izquierda y progresivamente se ha extendido su uso a todas las nuevas instalaciones de señalización luminosa roja. Actualmente las especificaciones municipales para los semáforos de nueva instalación exigen el uso de esta tecnología y se están alcanzando unos niveles de ahorro energético del orden del 89 %.
- En la ciudad de St Paul, Minnesota (EEUU), se han sustituido todos los indicadores luminosos rojos convencionales de peatones por indicadores de tecnología LED. En los 5.764 indicadores que se reemplazaron, el ahorro esperado anual en electricidad es de 131.400 U\$S (150.300 €). Esto representa un gran beneficio para el contribuyente si se tiene en cuenta, además, que la vida útil de estos sistemas es de unas 100.000 horas, frente a las 6.000 horas de los sistemas convencionales.
- En España se utiliza esta tecnología en ciudades como Vitoria, Palma de Mallorca, Sevilla y Barcelona así como en alguna autopista con peaje.
- En Argentina específicamente en Buenos Aires esta como proyecto de reinversión significando que se tiene en cuenta, pero que todavía no está implementado.

“Conforme al reglamento del PRONUREE - Alumbrado Público, el Municipio de la ciudad de Buenos Aires deberá reinvertir el ahorro económico generado por la ejecución del Proyecto de Recambio en eficiencia energética”⁵³

“El Proyecto de Reinversión deberá demostrar la conveniencia de su implementación en términos de aumento de la eficiencia energética, es decir, satisfacer necesidades utilizando una menor cantidad de energía por unidad de producto o servicio prestado. A modo de ejemplo, entre otros, se citan: semáforos a LED, sistemas de climatización (calefacción/refrigeración), sistemas sanitarios, sistemas de bombeo de agua, iluminación ornamental (frentes, paseos, plazas, parques, etc.).”⁵⁴

⁵³ Fuente: <http://energia3.mecon.gov.ar> 30/01/2016

⁵⁴ Fuente : <http://energia3.mecon.gov.ar> 30/01/2016

3.6.2. Tecnología RFID

LA Empresa SIC TRANSORE es una de las encargadas de brindar servicio de este tipo de Tecnología en:

Cruce de frontera de EE.UU con México y autopistas comerciales de EE.UU con Canadá.



Figura N°45: Sistema RFID implementado en cruce Fronterizo ⁵⁵



Figura N°46: Logo de la Empresa ⁵⁶

⁵⁵ Fuente: <http://www.sictranscore.com.ar> 30/01/2016

⁵⁶ Fuente: <http://www.sictranscore.com.ar> 30/01/2016

Frontera México-Estados Unidos: El Plan Maestro Fronterizo utilizando Tecnología para Gestión del Tránsito en los Cruces.

- La tecnología RFID utilizada para medir los tiempos reales de espera y de cruce está siendo piloteada actualmente por el Instituto de Transporte de la Universidad de Texas A&M (TTI) en el Puente de las Américas.

“El plan Maestro Fronterizo se ha tornado parte de la agenda Legislativa Federal y Estatal de la Ciudad”⁵⁷

“Instrumentar un Sistema de Información de Carga y Viajeros Fronterizos que brinde información sobre tiempos de entrega y longitud de las líneas de espera.”⁵⁸

El Proyecto FHWA que se financió en Chihuahua y en el puente de Zaragoza: Indica que se han instalado lectores de tarjeta RFID que abarca parte de Ciudad de El Paso y el TTI con esta tecnología para permitir el monitoreo en tiempo real del tránsito comercial transfronterizo.



Figura N°47: Tableta de tipo RFID administrando tráfico⁵⁹

⁵⁷ Fuente: <http://www.sictranscore.com.ar> 30/01/2016

⁵⁸ Fuente: <http://www.sictranscore.com.ar> 30/01/2016

3.6.3. Tecnología de Redes de Sensores Inalámbricos

Las autoridades de la ciudad de Managua, en Nicaragua planifican una renovación del sistema existente, para establecer el sistema inteligente de semáforos con sensores.

Aluvisa, será la empresa española, encargada de la colocación de los semáforos inteligentes de sensores en Managua, esta empresa española, se va a encargar de la colocación de los semáforos inteligentes con el objetivo de mejorar la circulación vehicular, reducir los tiempos de espera en las diferentes vías de la capital y eliminar los embotellamientos en las principales intersecciones.

“Renovación. Las Autoridades planifican que en un año la red semafórica de Managua cambie a un sistema inteligente para facilitar el tránsito y reducir el congestionamiento en las principales vías”⁶⁰

Los semáforos inteligentes aún no están instalados en la ciudad de Managua, pero la experiencia en la Ciudad de Sandino da buenas perspectivas de su funcionamiento, se valora como muy positivo el desempeño de estos aparatos de nueva tecnología.

El funcionamiento de este tipo de semáforos ya se puede apreciar en la Ciudad de Sandino, municipio que ya cuenta con el control automatizado de la señalización semafórica en su entrada principal.



La figura N°48: Muestra Semáforo con Red de Sensores⁶¹

⁶⁰ Fuente: <http://www.elnuevodiario.com.ni> 30/01/2016

⁶¹ Fuente: <http://www.elnuevodiario.com.ni> 30/01/2016



Figura N°49: Empresa encargada de colocar la Tecnología Semafórica. ⁶²

Tecnología de la modernización semafórica

Los semáforos con tecnología LED funcionan con sensores y son automáticos; sin embargo, también son monitoreados por una central que ayuda al desarrollo del tránsito, si así se requiere.

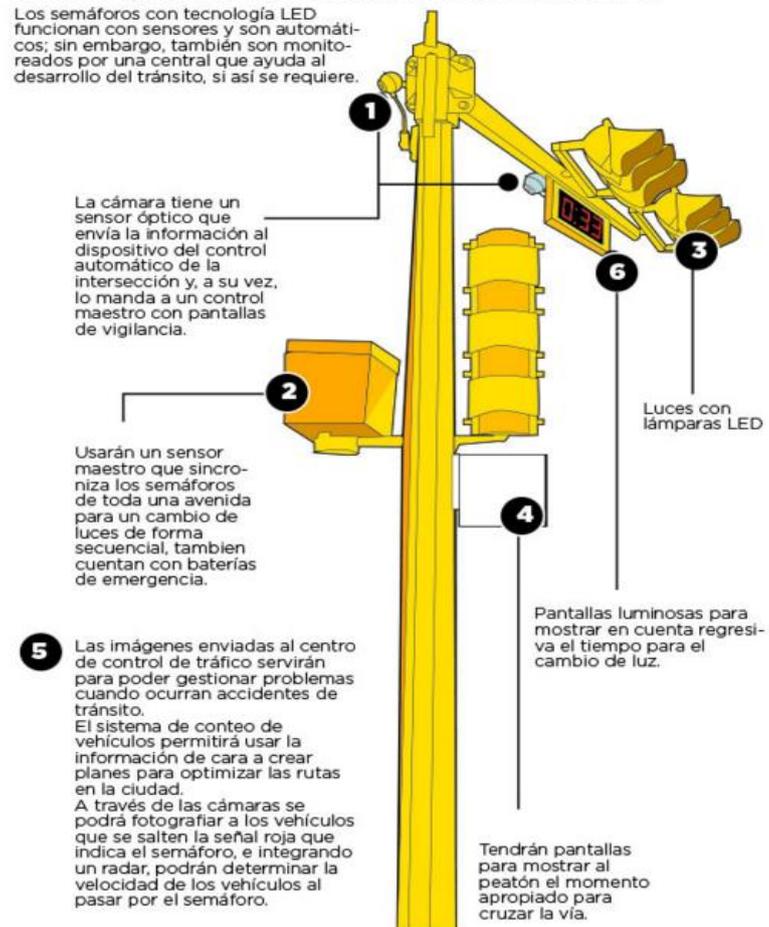


Figura N°50: Funcionamiento de un próximo semáforo en Managua. ⁶³

⁶² Fuente: <http://www.worldtravelserver.com> 30/01/2016

⁶³ Fuente: <http://www.elnuevodiario.com.ni> 30/01/2016

3.6.4. Tecnología de Procesamiento de Imágenes

El costo del sistema de cámaras con Procesamiento de imágenes es elevado y se esta pensando en implementarlo en Montevideo, Uruguay se calcula un valor aproximadamente de 4 millones de dólares.

El proyecto es habilitar las calles con problemas de congestión y entre las que se encuentran en esta situación son:

"Los principales Avenidas radiales hacia el Centro de la ciudad, Rambla, Rivera, Avenida Italia, 8 de Octubre, Agraciada, Garzón y General Flores; los corredores transversales de interconexión, como pueden ser Bulevar Artigas en todos sus tramos, Batlle y Ordóñez, Luis Alberto de Herrera, y una zona del Centro de la ciudad donde se mueve el tránsito más importante de entrada y de salida a este; y también los corredores en sentido longitudinal este-oeste u oeste-este a Ciudad Vieja y Bulevar Artigas, y viceversa, con algunas interconexiones al norte, como ser Libertador y Fernández Crespo, que queremos priorizar"⁶⁴

⁶⁴ Fuente: <http://www.elpais.com.uy> 30/01/2016

Comentarios relacionados al artículo

- “La IMM pretende crear un centro de gestión de movilidad urbana con una semaforización inteligente, monitoreo del tránsito a través de circuitos cerrados de televisión, instalación de cámaras en avenidas y cartelera para los usuarios”⁶⁵
- "Se entiende que gestionar la movilidad de la ciudad es mucho más que controlar los semáforos". También se debe incorporar tecnología y otros instrumentos que "permitan tener mayor información a la hora de tomar decisiones y de aplicar políticas de circulación".⁶⁶



Figura N° 51: Calles de Montevideo Congestionadas⁶⁷

⁶⁵ Fuente: <http://www.elpais.com.uy> 30/01/2016

⁶⁶ Fuente: <http://www.elpais.com.uy> 30/01/2016

3.6.5. Tecnología de Inteligencia artificial

Se realizó el diseño y se simuló un sistema de control de semáforos con Inteligencia Artificial que abarcaba desde la Avenida Redoma del Educador (Intersección N° A-29), y la intersección de la Avenida Carabobo con la 5ta Avenida y con la intersección de la Avenida 16 con la 5ta Avenida de la capital tachirense de Venezuela.

“Para lograr los objetivos se hizo uso de una computadora, sensores laser, software Matlab y Lookout para la simulación del flujo vehicular. La conexión se hizo a través de un módem que estaba conectado a los semáforos y a un sistema de monitoreo, que era el encargado de capturar, analizar y almacenar los datos”.⁶⁸

Para el funcionamiento del control de mando se envió la secuencia de encendido de las lámparas, que fueron almacenados en la memoria externa RAM de la computadora.

Para determinar entonces el estado de los semáforos se compararon dos parámetros, uno a la señal asociada a la lámpara encendida en ese instante y el otro se refiere a la detección de corriente de las lámparas.

Se presentó, entonces una propuesta denominada “Diseño e Implementación de una Arquitectura Multiagente” para la ayuda y toma de decisiones en el Sistema de Control de Tráfico Simulado.

El propósito fundamental de la investigación fue desarrollar una arquitectura o software que permitiera identificar e implementar todas las tareas asociadas al control del tráfico urbano.

Como resultado se señala que el software desarrollado en las simulaciones de control de tráfico se ajustó lo más posible a un escenario real.

Este sistema dejó un gran aporte estadístico para el análisis real de un modelo de tráfico urbano, lo que permite adaptar los diseños electrónicos a situaciones semi-reales.

⁶⁸ Fuente: <http://lcar.unet.edu.ve>

3.6.6. Tecnología usando Sistema Adaptativo SCOOT

SCOOT es usado en distintas partes del mundo tal como se representa en la Figura N°54 en donde se muestra el mapa global con las localizaciones.

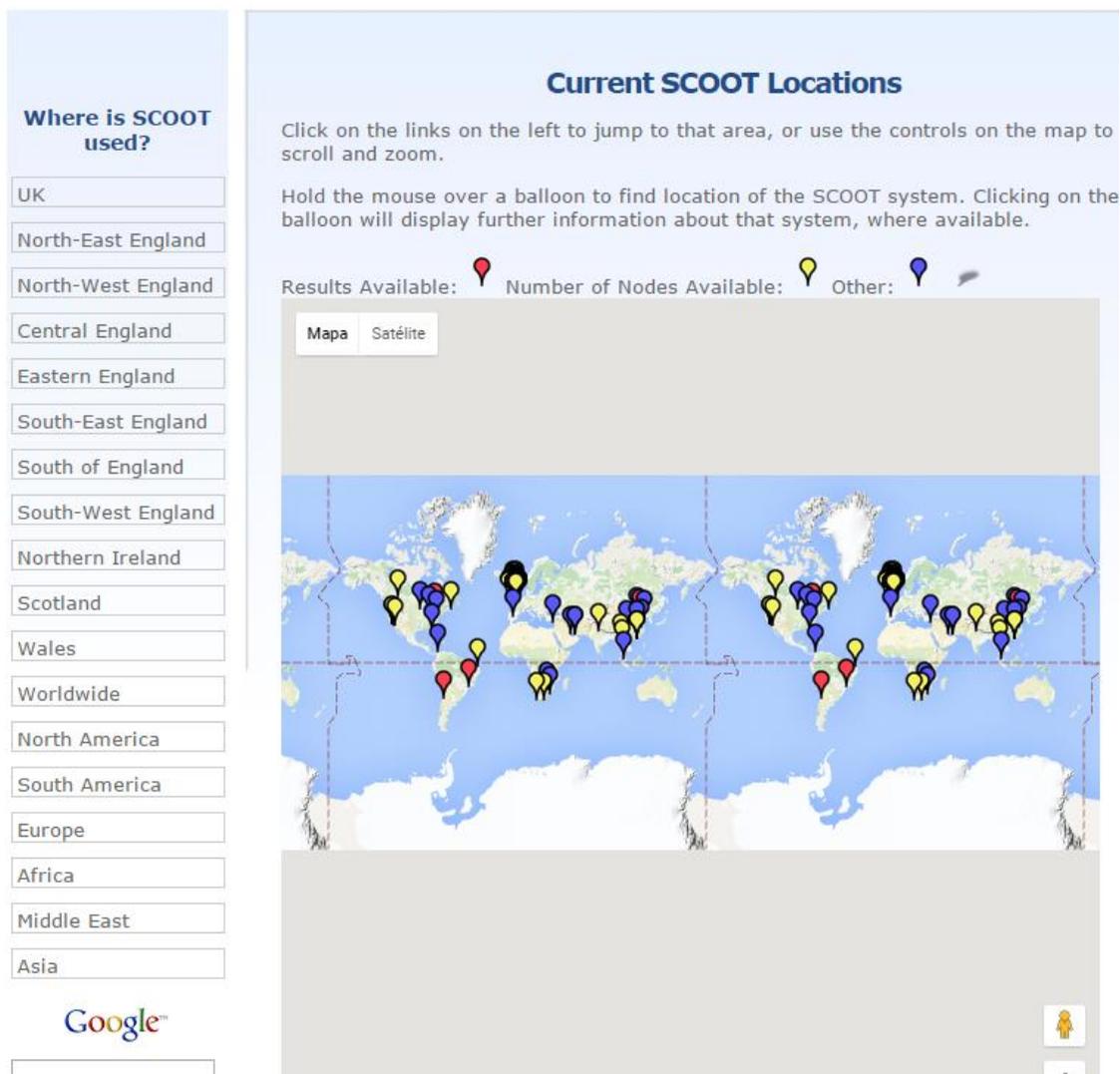


Figura N°52: Localización de la Tecnología SCOOT extractos oficiales.⁶⁹

⁶⁹ Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

En Inglaterra se obtuvieron altos beneficios con la implementación del sistema SCOOT, en los ejemplos de uso en el mundo SCOOT utiliza compuertas para facilitar caminos, minimizando los problemas de congestión.

Las compuertas básicamente desvían el tráfico hacia una zona de menor congestión:

Gating in Kingston-upon-Thames

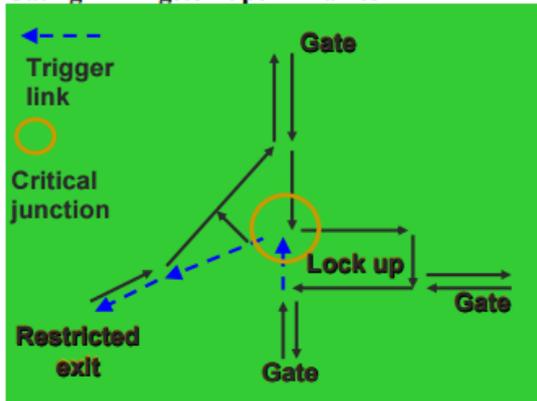


Figure 2: Kingston network

Gating to manage vehicle emissions in Birmingham

A further example of the use of gating comes from the DfT UTMC03 project on managing vehicle emissions. In that project SCOOT gating was used to relocate queues to reduce the emissions from vehicles in sensitive areas. The trial in Birmingham was in Handsworth on the A41 Soho Road, a local centre with a lot of kerbside activity, see Figure 4.



Figure 4: Handsworth

Figura N° 53: Muestra Zonas de trabajo SCOOT en Kingston y Handsworth Inglaterra.⁷⁰

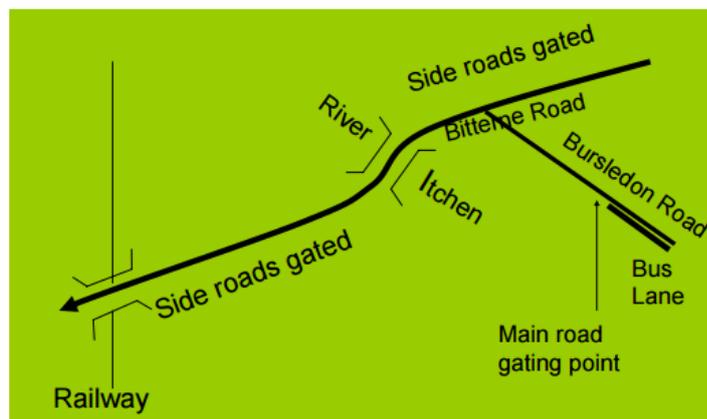


Figure 3: Bitterne Road scheme, Southampton

Figura N°54: Zonas de influencia SCOOT en Bitterne Southampton Inglaterra.⁷¹

⁷⁰ Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

10/05/2016

⁷¹ Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

17/04/2016

3.6.7. Tecnología usando Red GPRS



Figura N° 55: Logo de la Empresa⁷²

- "Tandil Buenos Aires, Argentina es una ciudad de más de 120.000 habitantes que cuenta con más de 40.000 autos. Fue la primer ciudad en instalar SCT®."⁷³
- "Para estudiar los beneficios de la implementación de SCT®, se llevó a cabo un estudio comparativo entre dos avenidas centrales con características similares. Una con instalación de SCT y otra previa instalación del mismo."⁷⁴

⁷² Fuente: <http://www.sctvial.com> 30/01/2016

⁷³ Fuente: <http://www.sctvial.com> 15/12/2015

⁷⁴ Fuente: <http://www.sctvial.com> 15/12/2015

Resultados

- La instalación de la Onda verde redujo más del 60 % del tiempo que tarda en transmitir una distancia de 1Km.
- La sincronización de los semáforos resultó un estímulo para el conductor. Conduciendo por la onda verde sincronizada.
- Se minimizó el congestionamiento por colas de tráfico haciendo que los conductores se atraigan hacia avenidas.

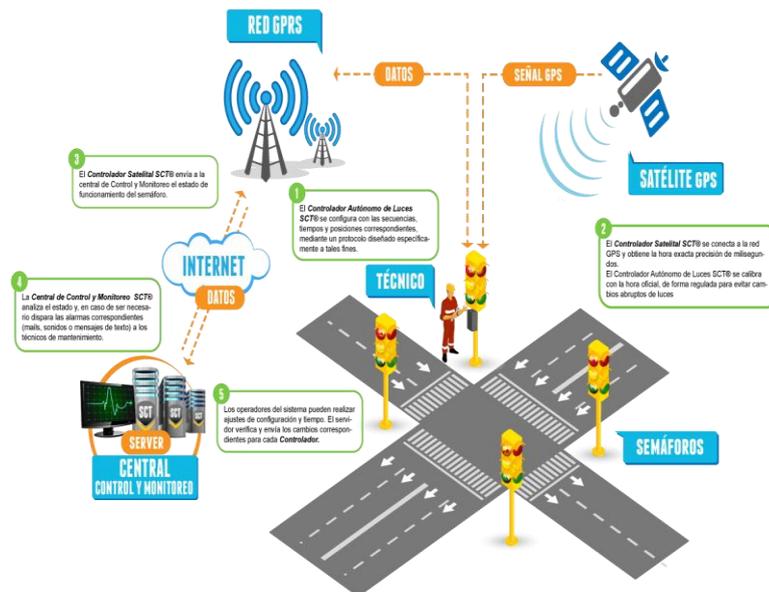


Figura N° 56: Sistema de funcionamiento Global⁷⁵

⁷⁵ Fuente: <http://www.sctvial.com>

"**TRELEC** ha instalado la primera Central de Trafico totalmente inalámbrica con 100 intersecciones en la Ciudad de Oruro, Perú."⁷⁶

Una Central de Trafico que permite una administración totalmente dinámica de la ciudad, habilitando incluso su reconfiguración física.

El software utilizado nos permite seleccionar determinados sistemas o todas las intersecciones a través de un mapa vectorizado, además, permite cambiar la hora o fecha virtual del sistema para simular comportamientos en horarios nuevos, agregar o quitar intersecciones y lo más importante comprobar el efecto de las estrategias de tráfico que están operando.

También tiene un modo de detalle que nos permite observar la intersección completa y todos los parámetros del controlador.



Figura N°57: Mapa Vectorizado de la Ciudad de Oruro⁷⁷

⁷⁶ Fuente: <http://trelec.com.pe>

30/01/2016

⁷⁷ Fuente: <http://trelec.com.pe>

30/01/2016

4. **Desarrollo**

4.1. Introducción al Sistema Adaptativo SCOOT en Mendoza

Debido a la necesidad de la población de conseguir acceso rápido a diferentes áreas de la capital de Mendoza, con el avance de la tecnología automotriz, y el crecimiento poblacional en los últimos años se determinó realizar un análisis geográfico y horario de las calles que generan problemas de congestión. Para ello se ha elegido la zona céntrica, porque es la que mas concentración poblacional y vehicular tiene, además, es la región donde se concentran los lugares tales como bares, locales, comedores, etc. Para permitir que el tránsito en las calles del Gran Mendoza fluya adecuadamente, se deberán analizar los principales puntos de congestión, de manera que se pueda introducir una solución hacia otros caminos de forma fluida. Los principales puntos de congestión lo conforman la Avenida San Martín con las intersecciones, Godoy Cruz, Las Heras, Gral. Paz, Necochea y Gutiérrez. Entre estas, la más destacada es la Avenida San Martín porque es la calle principal de la capital, y por lo tanto la más reconocida.

Por el consiguiente, los semáforos inteligentes estarán ubicados a lo largo de estas avenidas y/o calles y sus intersecciones. La localización de los semáforos en la Avenida San Martín tomarán un tramo de aproximadamente 500 metros, mas las calles de sus intersecciones que también tendrán una distribución de largo de aproximadamente unas 3 cuadras (300 metros aprox.). Los semáforos se ubicarán de tal manera de producir en cada enlace una salida viable del tránsito en cuestiones de fluidez y tiempo de espera entre uno y el otro. La implementación del protocolo SCOOT en los semáforos cambiará la manera en que la población vehicular de Mendoza, acceda rápidamente a los puntos de destino, estableciendo de forma secundaria puntos de control vehicular.

Para el diseño del sistema de semáforos inteligentes se ha considerado:

- Muestreo de la población para el estudio de las necesidades referidas al libre acceso de tránsito en horas picos: Se hará un relevamiento en base a datos de la población según censos actuales de la capital y de la provincia de Mendoza, se analizará también el aumento de la población en factor de años.
- Análisis de la contaminación vehicular producida por los tiempos de espera de los vehículos en los semáforos.
- Análisis estadístico de las condiciones del tráfico en Mendoza.
- Análisis Geográfico de la instalación de los semáforos.
- Análisis Tecnológico del sistema de semáforos elegido: Qué aporta esta tecnología de semáforos inteligentes en relación a otras, cuales motivos hacen que esta tecnología sea más confiable para la población y cómo hacer una posible migración con ella.

- Estudio del funcionamiento del sistema: Los semáforos deben proporcionar en la medida que puedan un sistema óptimo, identificando la manera de lograr un enfoque de mejor coordinación. Se estudiará su equipamiento, y la manera de relacionar cada parte, al igual que el establecimiento de una configuración general.

4.1.1. Análisis Poblacional

La población que abarca el Gran Mendoza en número es de 1.783.929 según el censo del 2010. La parte de esta población que abarca el Gran Mendoza (Capital, Las Heras, Guaymallén y Godoy Cruz) según el censo del 2001 era de 728.291 ya en el censo del 2010 estadísticamente tuvo un aumento del 8,3%, es decir unas 788.795 personas más. La Capital Mendocina posee una población de 110.993 personas, para este último censo.

Cuadro P1-P. Provincia de Mendoza. Población total y variación intercensal absoluta y relativa por departamento. Años 2001-2010				
Departamento	Población		Variación absoluta	Variación relativa (%)
	2001	2010		
Total	1.579.651	1.738.929	159.278	10,1
Capital	110.993	115.041	4.048	3,6
General Alvear	44.147	46.429	2.282	5,2
Godoy Cruz	182.977	191.903	8.926	4,9
Guaymallén	251.339	283.803	32.464	12,9
Junín	35.045	37.859	2.814	8,0
La Paz	9.560	10.012	452	4,7
Las Heras	182.962	203.666	20.704	11,3
Lavalle	32.129	36.738	4.609	14,3
Luján de Cuyo	104.470	119.888	15.418	14,8
Maipú	153.600	172.332	18.732	12,2
Malargüe	23.020	27.660	4.640	20,2
Rivadavia	52.567	56.373	3.806	7,2
San Carlos	28.341	32.631	4.290	15,1
San Martín	108.448	118.220	9.772	9,0
San Rafael	173.571	188.018	14.447	8,3
Santa Rosa	15.818	16.374	556	3,5
Tunuyán	42.125	49.458	7.333	17,4
Tupungato	28.539	32.524	3.985	14,0

Figura N°58: Datos referentes a la Población en los Censo 2001 y 2010⁷⁸.

⁷⁸ Fuente: <http://www.sitioandino.com> 30/01/2016

4.1.1.1. Empleo

El sector público y privado del empleo en Mendoza, registró una tasa de aumento del 6,8% entre 2008 a 2013.

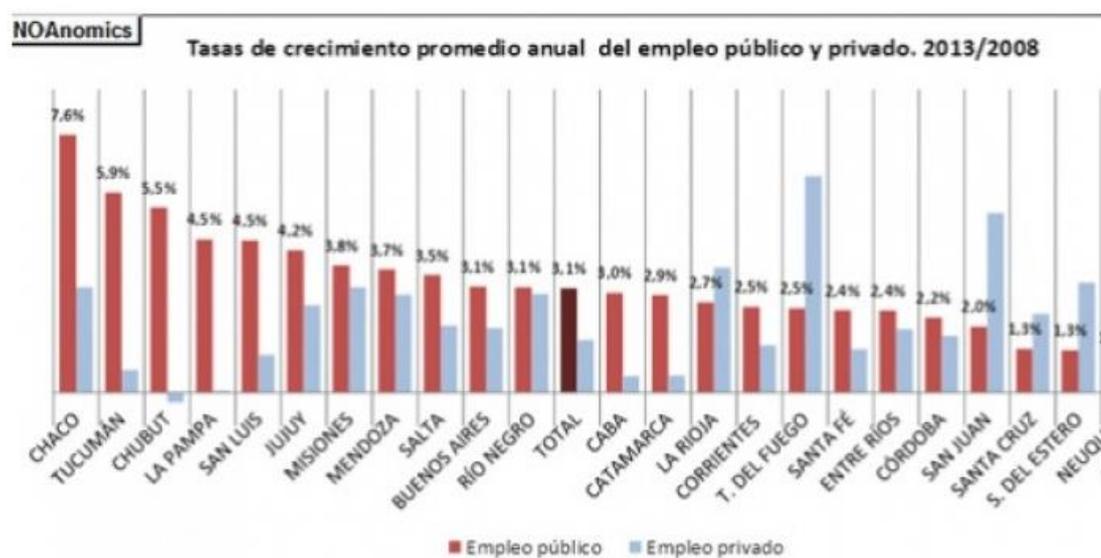


Figura N°59: Crecimiento promedio del empleo en el periodo 2013/2008
Según NOAnomics y Ministerio de Trabajo⁷⁹

⁷⁹ Fuente: <http://www.cac.com.ar>

4.1.1.2. El crecimiento automotriz

Según datos oficiales en el 2010 entran en la capital de Mendoza en horarios picos (de 7 a 8.30, de 12.30 a 14 y de 19.30 a 21). 230000 vehículos por jornada con un ritmo de aumento por año de 10000.

De esta forma llegando al año 2015 suman 280000 vehículos que entran en la capital de Mendoza en horarios picos. Siendo de esta forma un incremento total desde el 2010 hasta el año actual de 83,14 %.

“El subsecretario de Seguridad Ciudadana de Capital, Raúl Levrino, detalló que en 2005 ingresaban a la ciudad 184 mil vehículos diarios, mientras este año la cifra trepó a más de 230 mil, es decir en tan sólo 5 años se han sumado cerca de 50 mil unidades más en circulación”.⁸⁰

4.1.1.3. Contaminación Vehicular por Esperas en los Semáforos

Según datos oficiales obtenidos por científicos rumanos y norteamericanos mediante una aplicación que simula el comportamiento de semáforos inteligentes han podido sacar como conclusión que en las horas picos se reduce el 28 % el tiempo de espera en los cruces de semáforos y en total un 6,5 la reducción de CO₂, estos valores pueden variar pero sin embargo hay una reducción notable de estos dos factores.

"Supondrían un 28% menos de tiempo de espera en los cruces y un 6,5% menos de emisiones de CO₂"⁸¹

⁸⁰ Fuente: <http://www.ciudaddemendoza.gov.ar> 15/10/2015

⁸¹ Fuente: <http://www.tendencias21.net/> 25/07/2016

4.1.1.4. La infraestructura vial del Gran Mendoza

Accesos y gestión

En la ciudad capital de Mendoza hay cuatro accesos principales al Centro Urbano:

- El Acceso Este: a través del mismo se realizan cerca de 40.000 viajes diarios.
- El Acceso Sur: Este acceso recoge el tráfico que se origina en distintos núcleos habitacionales del Gran Mendoza, este termina en la intersección con el Acceso Este. A este punto llegan cerca de 25.000 viajes diarios.
- El Acceso Norte: El movimiento de vehículos que ingresa a Mendoza- Capital por esta vía registra cerca de 47.000 viajes diarios.

Todo el tráfico, de estos tres accesos, ingresa al microcentro por una sola vía, la avenida José Vicente Zapata, generando picos importantes de congestión en los horarios de iniciación y terminación de las actividades diarias.

- El Acceso Oeste: Este acceso también conocido como el Corredor del Oeste ha sido inaugurado recientemente y no se tienen cifras de flujos en el mismo (pero se estima una alta densidad de vehículos).

4.1.1.5. Caracterización de la demanda por transporte

La encuesta Origen–Destino de 1998 revela que el 73,07% de los movimientos de la población se realizan en algún medio de transporte motorizado, siendo lo restante, 26,93%, viajes en bicicleta, a pie y desplazamientos. El principal medio de transporte utilizado por la población es el auto particular, agrupando a quienes viajan en calidad de conductor (26,20%) y de acompañante (14,79%), alcanza una participación del 40,99%. Le sigue el ómnibus con un peso relativo de casi el 36%.

Los traslados en bicicleta y a pie (más de 10 cuadras) representan en conjunto casi el 16%. Se observa una diferencia muy significativa con respecto a la década anterior ya que en 1986 más del 50% de los viajes se concretaba en transporte público y el 30,7% en auto. Si se considera el total de movimientos de la población, es decir si se incluyen los desplazamientos (menos de 10 cuadras a pie) las cifras anteriores se modifican de la siguiente manera; el auto particular obtiene una participación del 33,86% (con un 21,64% para quienes viajan en calidad de conductor y un 12,22% de acompañante), le sigue el ómnibus con casi el 8, 30%, los traslados en bicicleta, a pie (más de 10 cuadras) y los desplazamientos alcanzan en conjunto el 25%.

Entre 1986 y 1998, los viajes diarios en automóvil se duplicaron (de 240 mil a casi 500 mil), mientras que los pasajeros que utilizaron el transporte público sólo crecieron un 25% (de 410 mil a 510 mil viajes diarios). Estas cifras señalan claramente una importante sustitución del transporte público por el privado.

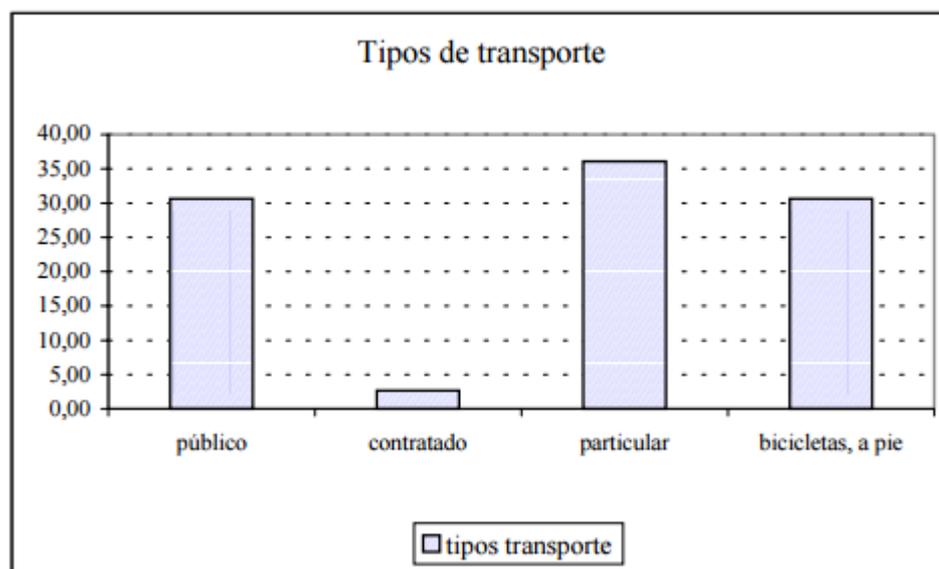


Figura N° 60 Estadística de la demanda de transporte.⁸²

⁸²Fuente: <http://www.revistakairos.org> 27/07/2016

4.1.1.6. Los tiempos de demora y de viaje

Los servicios contratados de autos y ómnibus registran los mayores tiempos promedio de viaje, esto tiene su explicación porque esta modalidad de transporte lleva al pasajero puerta a puerta, de manera que se sustituye comodidad y seguridad por mayor tiempo de viaje. El tiempo de viaje en auto particular ya sea en condición de conductor o acompañante es inferior al del transporte público de pasajeros.

El tiempo promedio de viaje que se registra en ómnibus (22 minutos) es mayor que el del trolebús (17 minutos) este resultado tiene sin duda su origen en el mayor kilometraje recorrido por los primeros, situación que se refleja en los valores obtenidos. El tiempo de espera promedio del transporte público de pasajeros es de 11,4 minutos para el ómnibus y de 9,4 minutos para el trolebús.

Con la información trabajada y considerando que en el Gran Mendoza se generan 1.500.000 viajes diarios se calculó que se utilizan 607.750 horas para viajar, 78.038 horas en espera y 96.525 horas caminando hacia, o desde, las paradas de origen y/o destino de los medios de transporte. En total son 782.313 horas lo que implica casi 31 minutos y medio por cada movimiento desde el momento de la salida hasta la llegada. De manera que cada viaje completo (ida y vuelta) insume en promedio 1 hora 3 minutos.

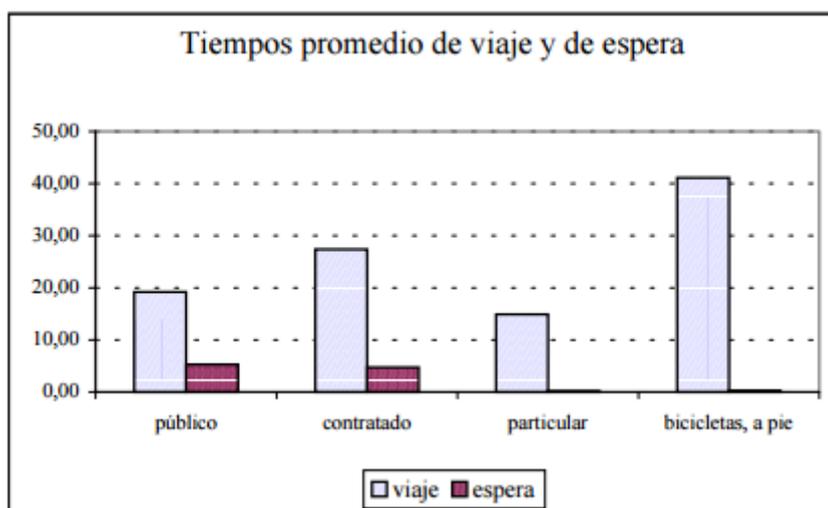


Figura N°61 Estadística de los tiempos de espera y de viaje.⁸³

⁸³Fuente: <http://www.revistakairos.org> 27/07/2016

4.1.1.7. Análisis de las condiciones del tráfico de los micros de la ciudad de Mendoza

En el artículo del diario MDZ publicado en el año 2014 se hace referencia a los problemas de congestión que sufre el Gran Mendoza y el microcentro por el aumento creciente de vehículos, y se detalla en base a las velocidades máxima que pueden adquirir en horarios picos que comprenden estas zonas.

Según el artículo, en horarios picos de este mismo año habían 839 ómnibus circulando por el Gran Mendoza y 300 de ellos que convergían en el microcentro (tal como se indica en la figura N°62), la calle que más se congestionaba por autos y ómnibus era Rondeu al mediodía la marcha se producía a 8 Km/h cuando la media de un vehículo en la ciudad de Mendoza era de 30 Km/h.

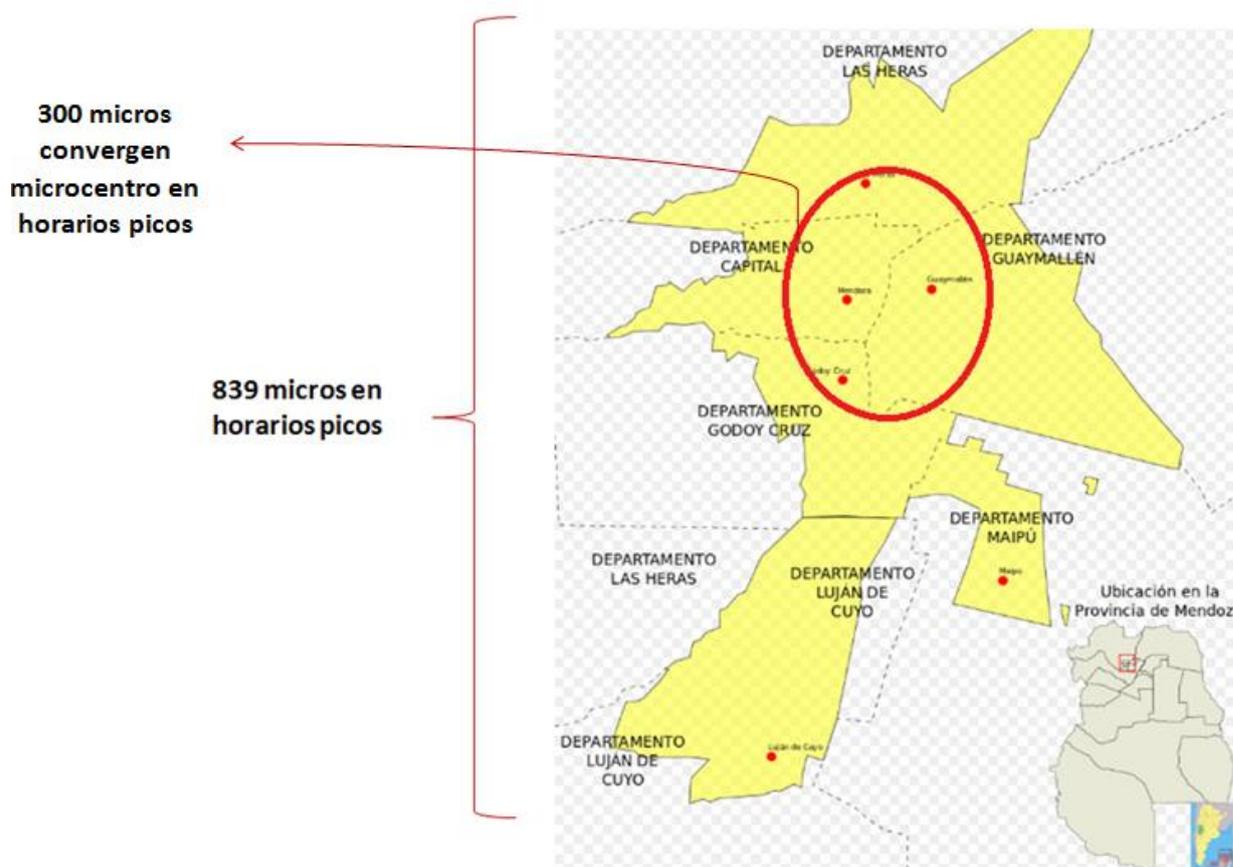


Figura N°62 Esquema del Gran Mendoza y la cantidad de micros en el año 2014.⁸⁴

Fuente : Autor: Pablo Varela. 27/07/2016

⁸⁴ Fuente: <http://www.mdzol.com>

“” Por año, perdemos entre 3 y 5% de velocidad comercial por mayor tránsito y tenemos que colocar más unidades para cumplir con los tiempos del recorrido, dijo el presidente de Autam y propietario del grupo El Cacique, Sergio Pensalfine. Y se quejo por: Cómo un micro va a demorar 35 minutos de Dorrego al Centro.”⁸⁵

Entre las soluciones planteadas por Víctor Fallad y Luis Lobos antiguamente intendentes de Capital y Guaymallén fueron establecer un paso vehicular con una misma dirección del tramo Adolfo Calle en Guaymallén hasta la calle Morón con el fin de poder establecer paso fluido de vehículos en esta parte.

Por otra parte el gerente técnico de Autam, Oscar Razquín, "aseguró que los cambios de mano de las calles no contribuyeron a dar más fluidez al tránsito".⁸⁶

Como conclusión se vio que el Gran Mendoza tenía altos grados de congestión en algunas horas picos, con vías de circulación en las que se superponen autos, con los ómnibus y troles pugnando por ocupar el espacio.

Congestión vehicular: en horas pico el tránsito por el microcentro es de 8 km/ hora



(Foto: Alf Ponce / MDZ)

Figura N°63 Foto tomado por diario MDZ el cual muestra un atoramiento en una de sus calles.⁸⁷

⁸⁵ Fuente: <http://www.mdzol.com/> 26/07/2016

⁸⁶ Fuente: <http://www.mdzol.com/> 26/07/2016

⁸⁷ Fuente:<http://www.mdzol.com/> 27/07/2016

En 1990, durante el gobierno de José Octavio Bordón, se estableció un esquema de área protegida, que trasladó las paradas de ómnibus a las calles Patricias Mendocinas, Rioja, Salta, Alem, Montevideo, Córdoba y Godoy Cruz. Esta reestructuración, que proponía sumar más transporte no contaminante y generar vías troncales de acceso a la Ciudad, no continuó. “

"Hoy el sistema de área protegida no da resultado, quedó obsoleto. Faltan políticas claras. ¿A quién se dará la prioridad, al auto o al transporte público?"⁸⁸ se pregunta Razquín.

Mientras que en ciudades de Latinoamérica y Europa en las que se ha logrado ordenar el tránsito, se le han dado prioridad al transporte público.

No obstante datos de la entidad empresaria, en 1991 los colectivos circulaban a una velocidad promedio de 21 kilómetros por hora en el microcentro. En 2014, el promedio pasó a 16 kilómetros por hora, lo que significa una disminución del 25% de la velocidad. (Figura N°64)

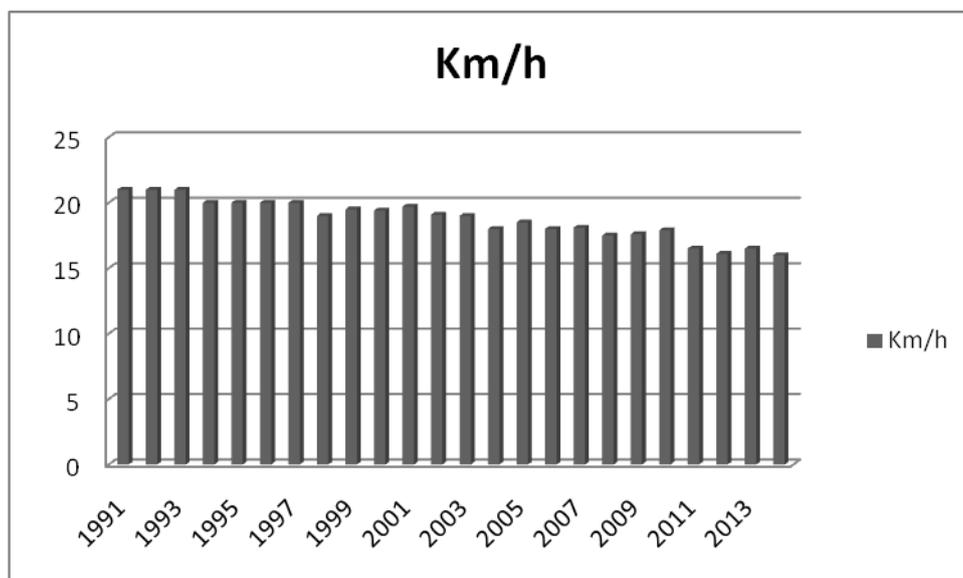


Figura N°64 Diagrama estadístico de las velocidades para los distintos años en el micro centro.

Fuente : Autor: Pablo Varela. 27/07/2016

⁸⁸ Fuente: <http://www.mdzol.com/> 26/07/2016

En la (Figura N°65), se hizo una comparativa desde el año 1991 hasta el 2014 en donde se comparó en Km/h y en Km/h en horarios picos las velocidades promedio de los ómnibus en la zona del microcentro de Mendoza, en el mismo se ve una notable disminución de estas velocidades causada por el aumento creciente de vehículos.

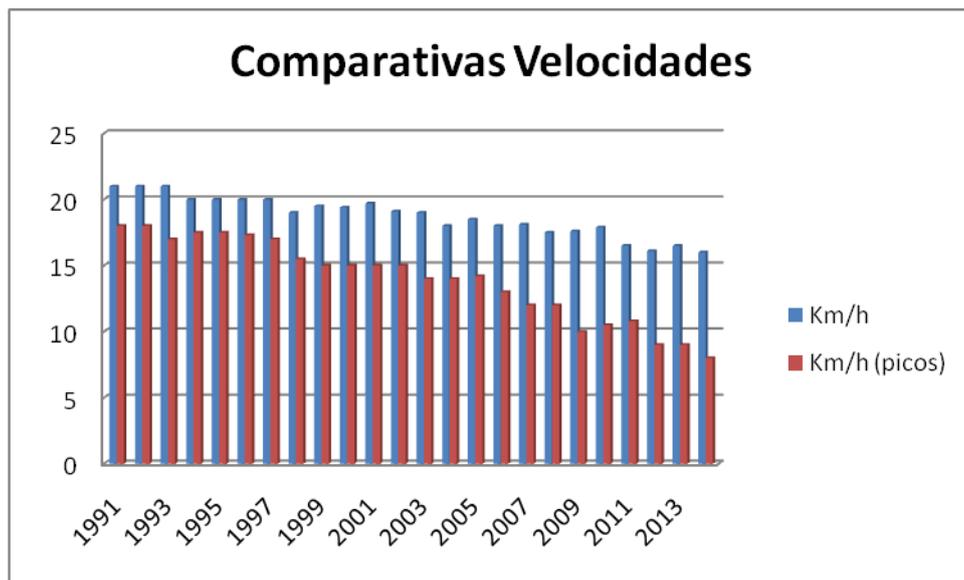


Figura N°65 Diagrama comparativo donde se muestran las velocidades para los diferentes años.

Fuente : Autor: Pablo Varela. 27/07/2016

4.1.2. Análisis Geográfico

Terminología SCOOT:

Nodos: Los nodos en SCOOT se determinan por los semáforos controlados en la intersección de dos calles.

Enlace: Se denomina enlace en SCOOT al espacio comprendido entre un semáforo (offset) que incorpora el microcontrolador administrado por SCOOT y un sensor inductivo vehicular.

Área SCOOT: Se define como la zona que está ocupada por los nodos que administra SCOOT.



Figura N°66: Semáforo correspondiente la intersección Av. San Martín, Espejo y Catamarca.
Fuente: Celular Pablo Varela 30/01/2016

El área a controlar por SCOOT abarca 16 enlaces y 21 nodos en total (Figura N°67):

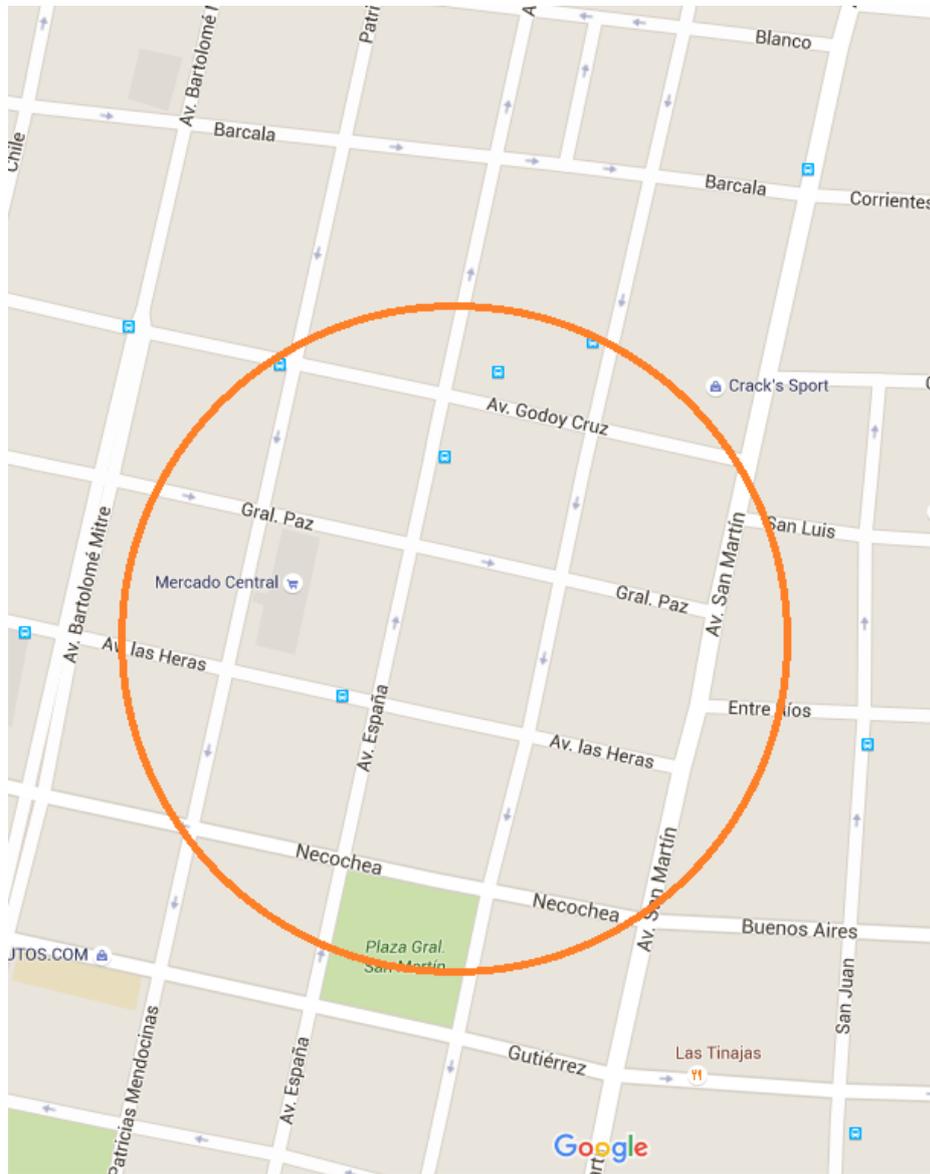


Figura N°67: Área a ser controlada por el Sistema SCOOT.
Fuente : Google map. Autor: Pablo Varela. 17/04/2016

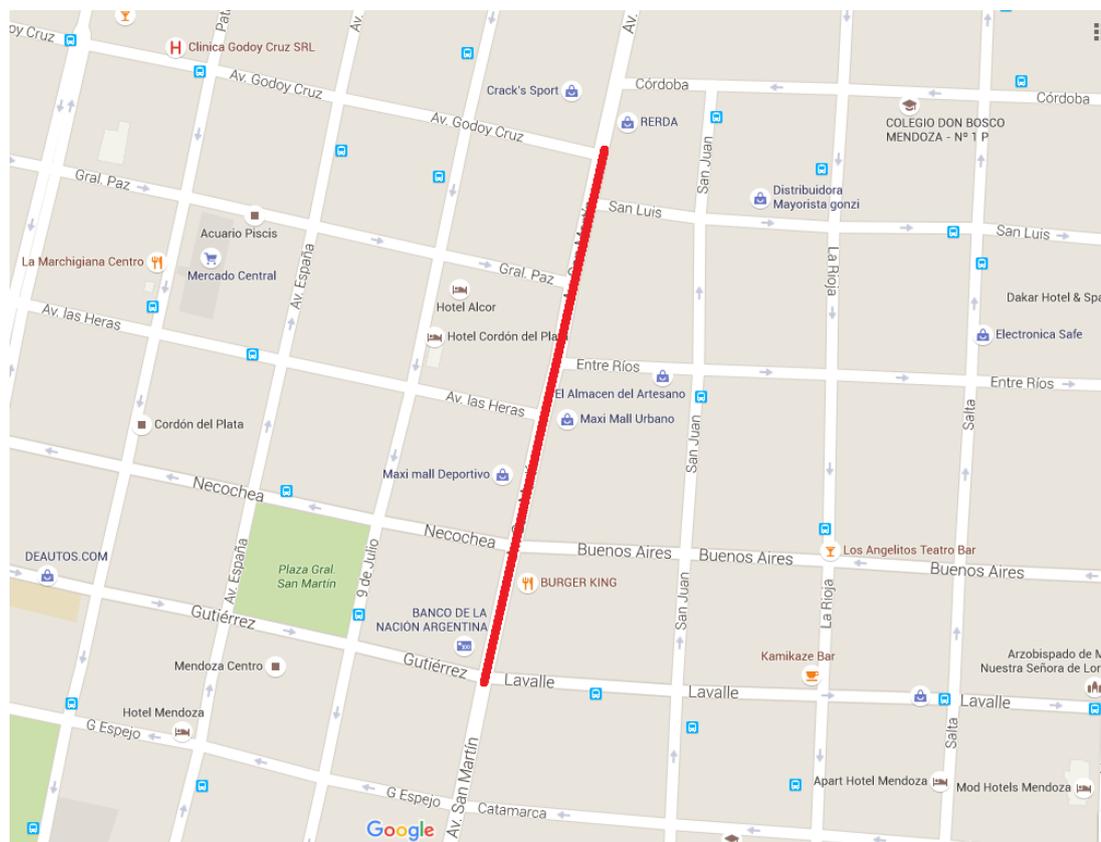


Figura N° 68: Marcación calle San Martín⁸⁹

La primera marcación que se detalla en rojo (Figura N°68) abarca desde las calles Godoy Cruz y San Martín y con la intersección de Avda. San Martín con Gutiérrez. Esta marcación, por lo tanto, mantendrá el control de 5 nodos (8 sensores inductivos y 9 microcontroladores) y 4 enlaces, abarcando una distancia de 400 metros aprox.

⁸⁹ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 30/01/2016

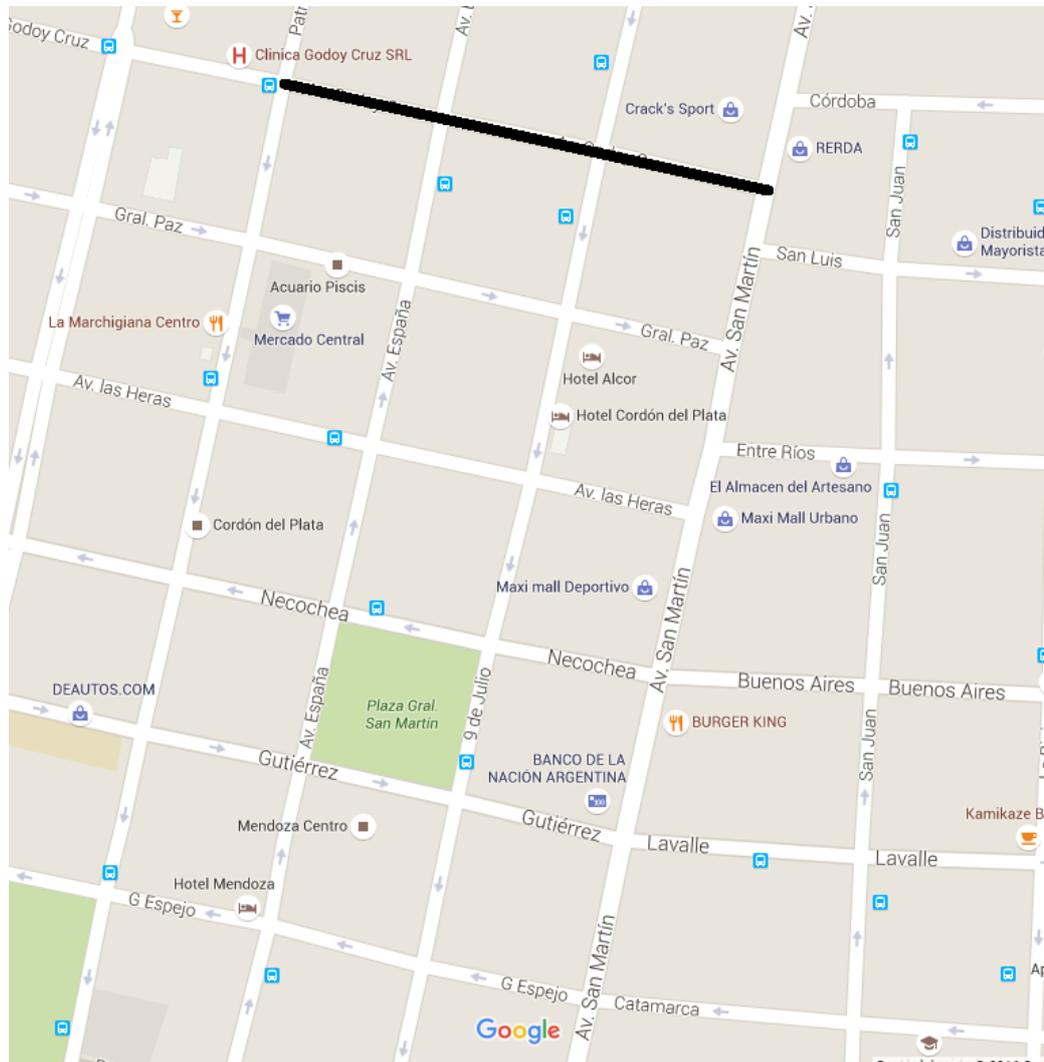


Figura N° 69: Marcación Avda. Godoy Cruz.⁹⁰

La segunda marcación en color negro (figura N°69) se halla entre las intersecciones de Avda. Godoy Cruz con Patricias Mendocinas y de Avda. Godoy Cruz con Av. San Martín. Esta marcación, por lo tanto, poseerá 4 nodos (3 microcontroladores y 3 sensores inductivos) y 3 enlaces, abarcando una distancia de 300 metros aprox.

⁹⁰ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 30/01/2016

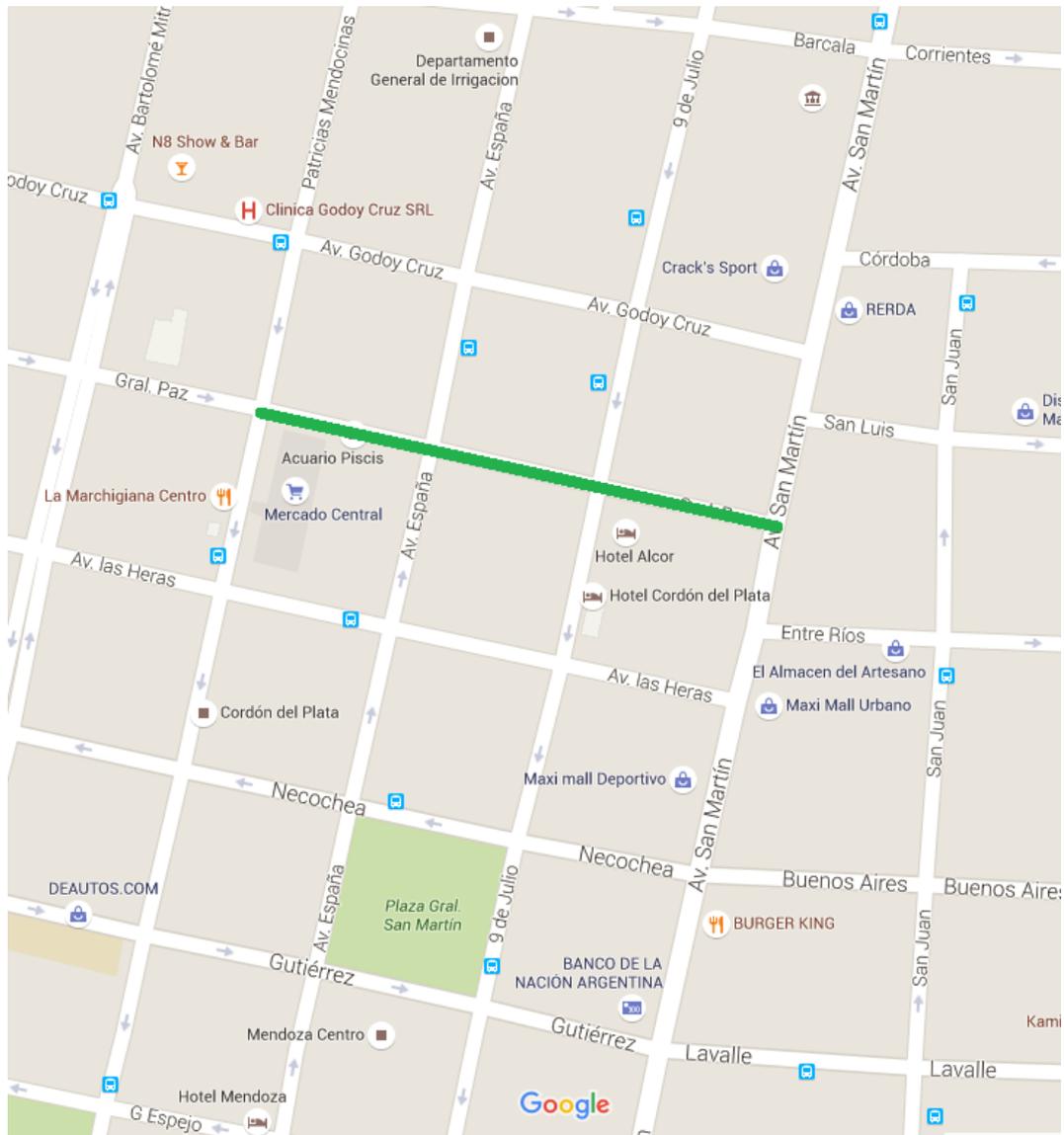


Figura N° 70: Enlace Avda. Gral. Paz.⁹¹

La tercera marcación de color verde (Figura N°70) corresponde a las intercesiones de las calles Patricias Mendocinas con Gral. Paz y de Avda. San Martín con Gral. Paz. Esta marcación, por lo tanto, poseerá 4 nodos (2 microcontroladores y 3 sensores inductivos) y 3 enlaces, abarcando una distancia de 300 metros aprox.

⁹¹ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 30/01/2016



Figura N° 71: Semáforo ubicado en calle San Martín.

Fuente: Celular Pablo Varela 30/01/2016

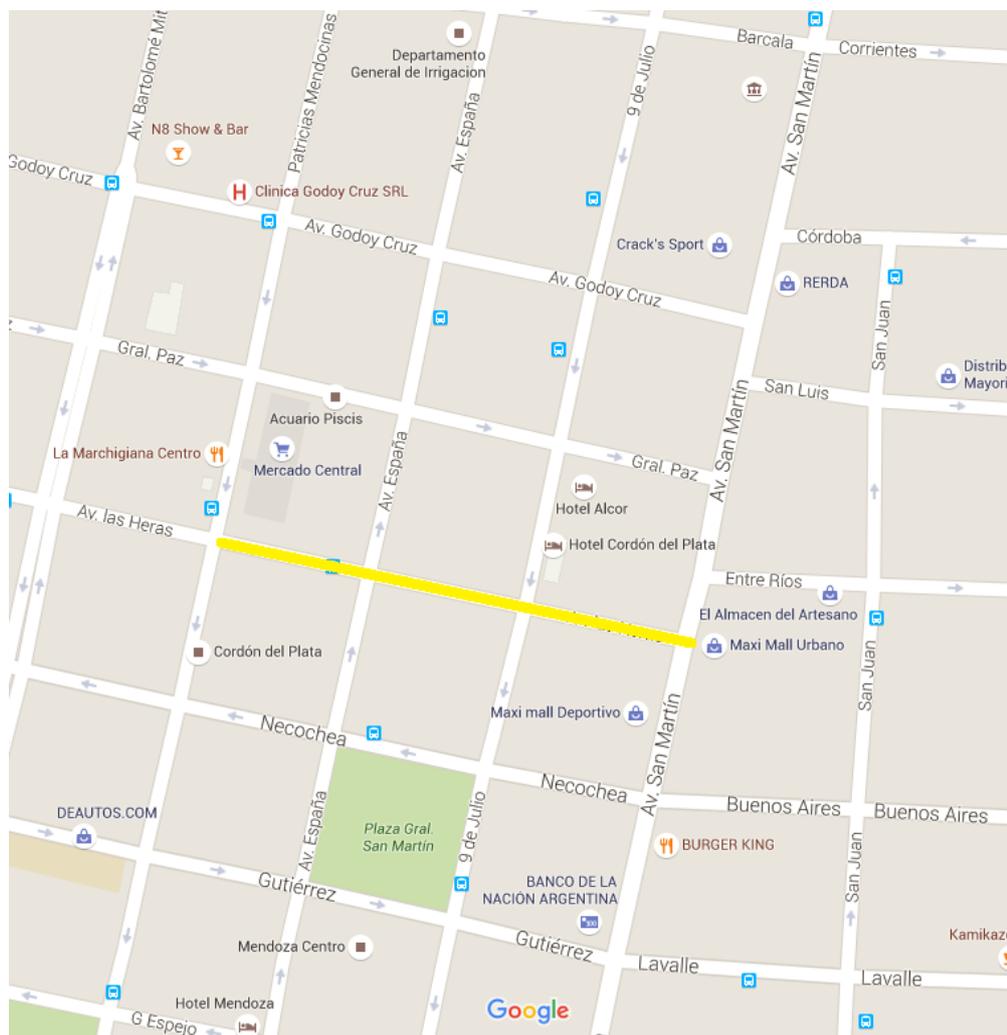


Figura N°72: Enlace Av. Las Heras.⁹²

La cuarta marcación asignado con amarillo (Figura N° 72). Estará ubicado en las intersecciones de (Avda. Las Heras con Patricias Mendoza) y (Av. Las Heras con Avda. San Martín). Esta marcación, por lo tanto, poseerá 4 nodos (3 microcontroladores y 3 sensores inductivos) y 3 enlaces, abarcando una distancia de 300 metros aprox.

⁹² Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 30/01/2016

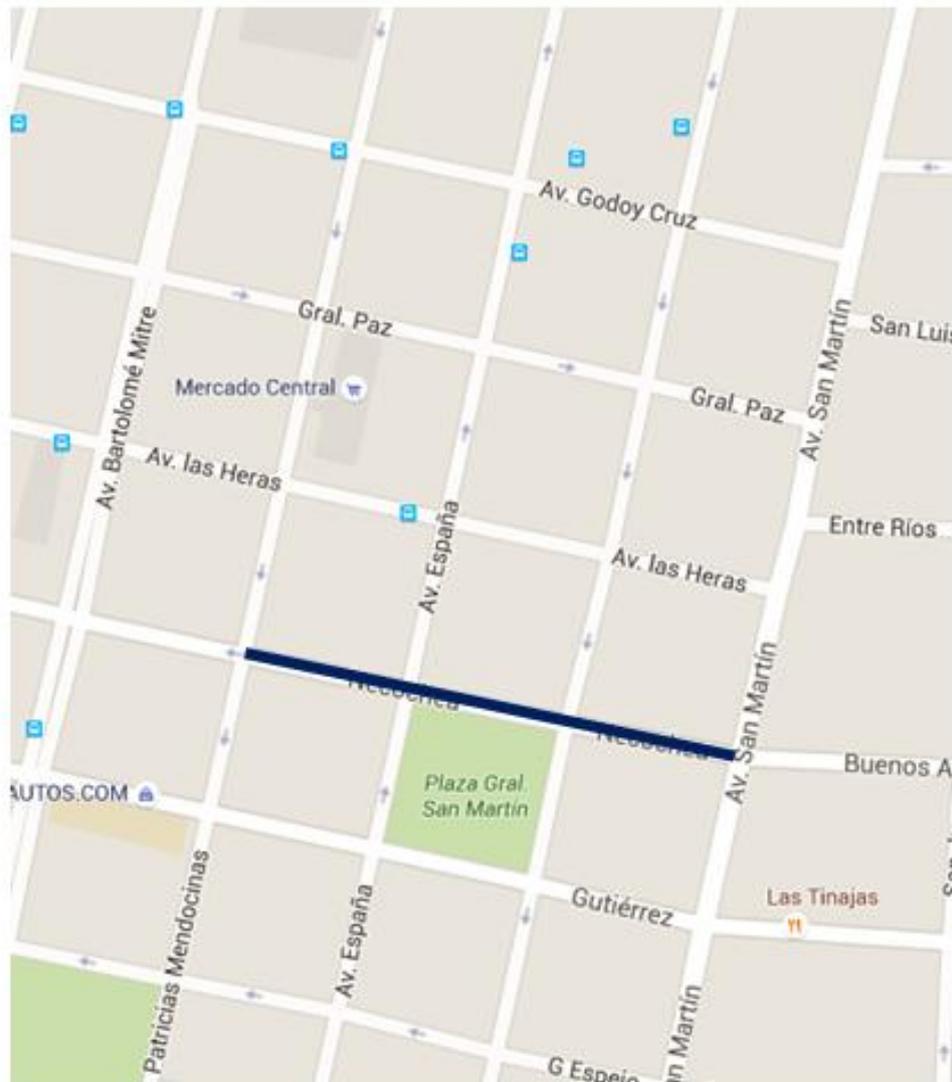


Figura N°73: Enlace secundario.⁹³

La quinta marcación remarcada con azul (Figura N° 73) se ubicara entre en las intersecciones de Patricia Mendocinas con Necochea y entre Necochea con Avda. San Martín. Esta, entonces, poseerá 4 nodos (3 microcontroladores y 3 sensores inductivos) y 3 enlaces, abarcando una distancia de 300 metros aprox.

⁹³ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 30/01/2016



Figura N°74: Semáforo Av. San Martín.

Fuente: Celular Pablo Varela.

TOTAL

Enlaces: 16.

Áreas :1.

Microcontroladores y sensores totales: 16 nodos con 12 calles de una sola dirección (de 3 a 2 microcontroladores y 3 sensores) por calle y 5 nodos de una calle con ambas direcciones (de 9 microcontroladores y 8 sensores): El resultado total da 20 microcontroladores y 20 sensores.

Longitud (distancia total de los enlaces) : 1,6 Km aproximadamente.

ONT: 1 por microcontrolador en total 20 ONT distribuidos por fibra.

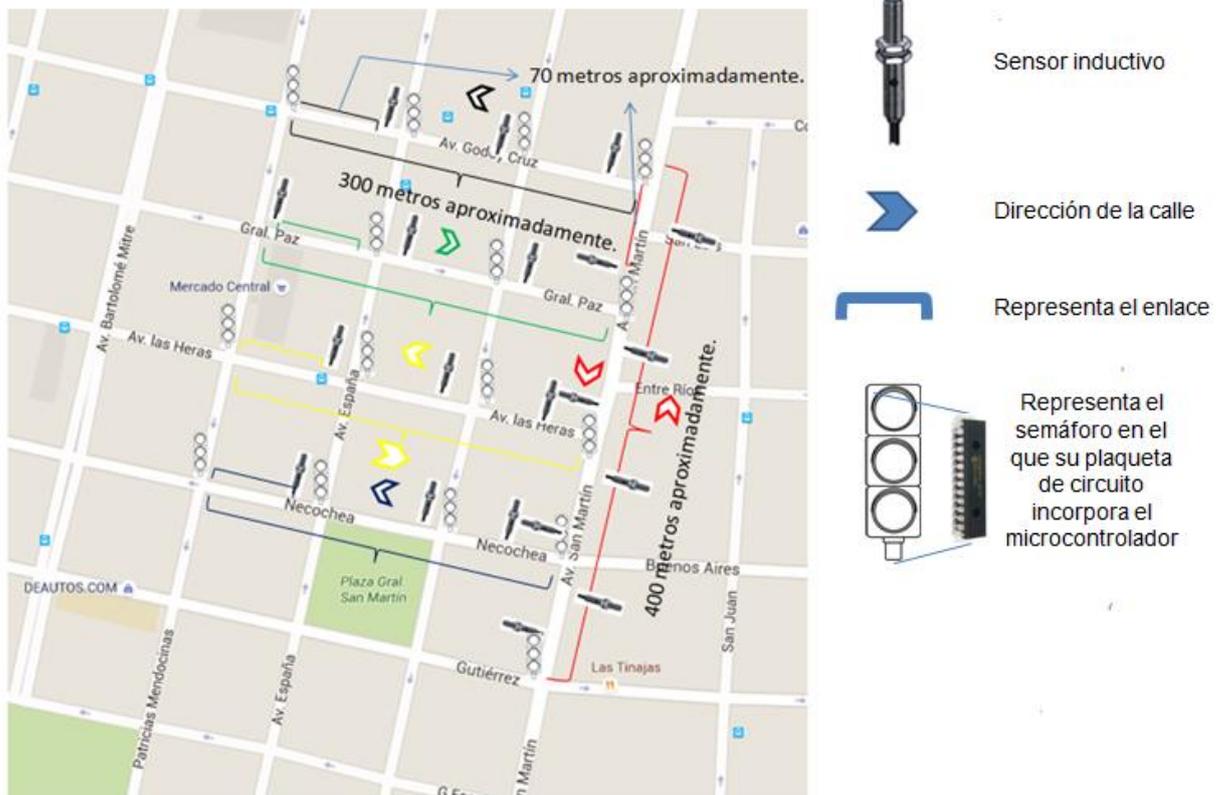


Figura N° 75: Esquema general del Área controlada por SCOOT.⁹⁴

En la Figura N° 75, se representa un esquema del área controlada por SCOOT, en ella se muestra cada sensor que ocupa cada enlace hasta la llegada a su microcontrolador, correspondiente al semáforo que lo incorpora. También, se muestra, para el caso de la Avda. San Martín de doble circulación, donde se conectarán dos sensores inductivos por cada enlace.

⁹⁴ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 24/05/2016

4.1.2.1. Área de administración SCOOT en Mendoza

El área que administra SCOOT posee 3 tipos de dispositivos distintos que se repiten en cada una de las intersecciones. Por lo tanto, para explicar bien la unión del sistema es necesario ir desglosando cada parte.

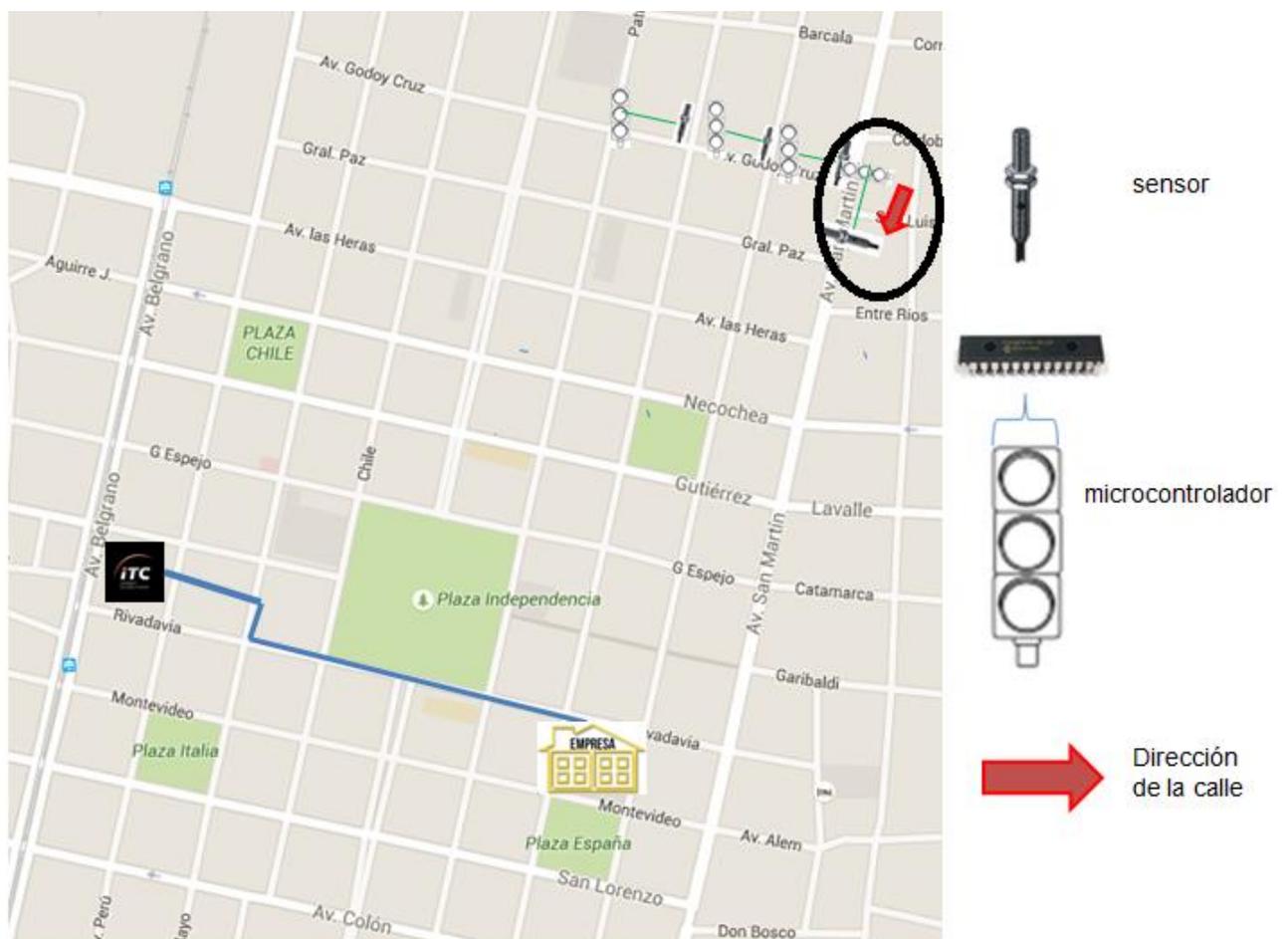


Figura N°76: Representa la conexión Avda. San Martín y Av. Godoy Cruz⁹⁵

Fuente : Pablo Varela 27/05/2016

La esquina de la Avda. San Martín y Av. Godoy Cruz estará comprendida por un solo microcontrolador, que será el que administre un sensor en una de las direcciones de la calle San Martín (tal como indica la Figura N° 76).

⁹⁵ Fuente: <https://www.google.com.ar/maps> 25/05/2016

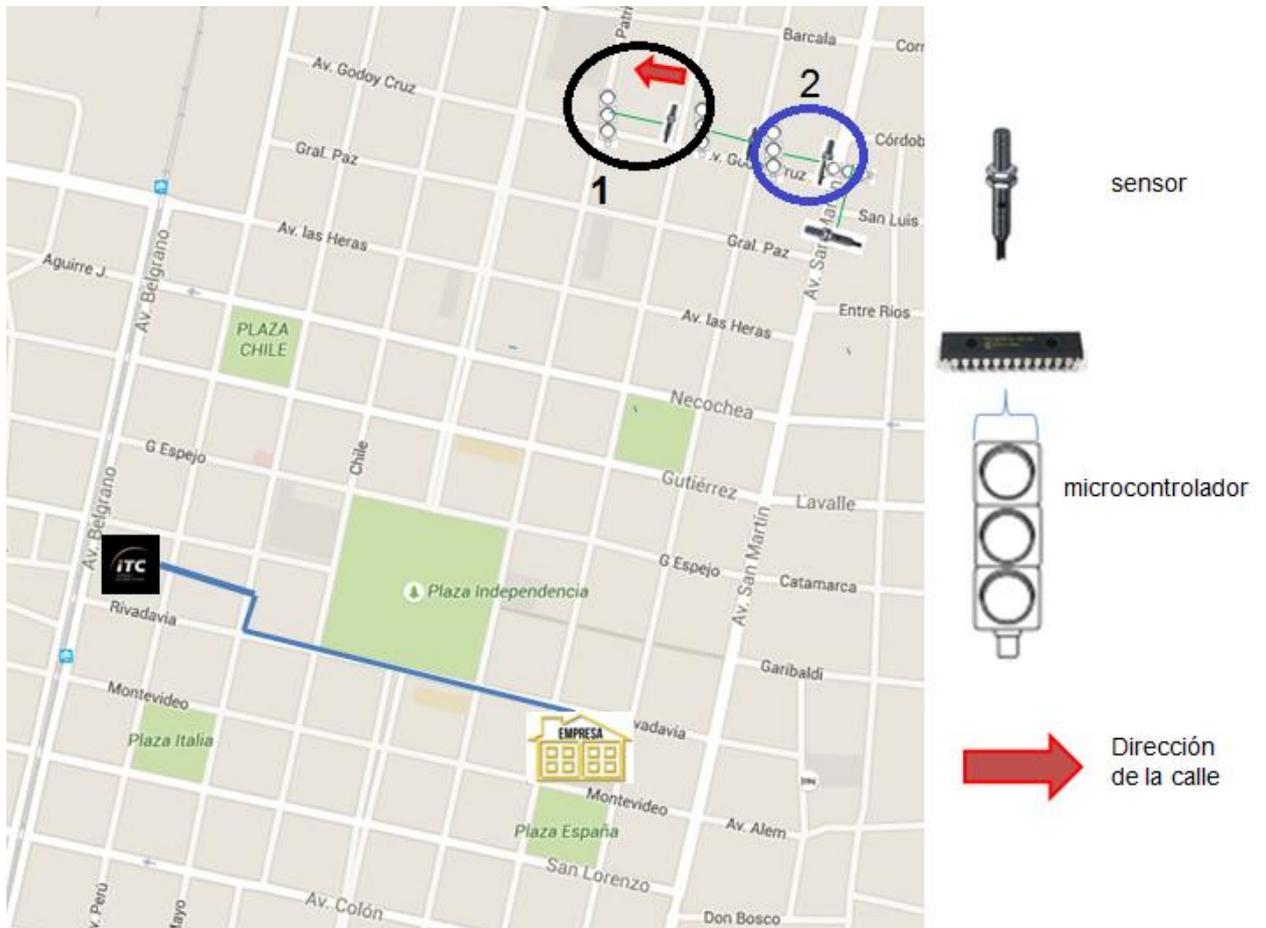


Figura N° 77: Área de Administración calles Avda. Godoy Cruz intersección San Martín.
Fuente : Pablo Varela 27/05/2016

En la figura N°77 se analizan 2 partes, la marcada con negro (elipse) especifica dos situaciones, por un lado que la Av. Godoy Cruz es de dos manos, pero para el análisis se toma en cuenta la mano con dirección este-oeste, esto mantiene relación con la parte marcada en violeta (elipse). En la elipse violeta se indica que el semáforo de la calle 9 de julio intersección Godoy Cruz es el que mantiene la unión con el sensor anterior al de la calle San Martín y no con el microcontrolador del semáforo que se ubica en la intersección de la Avda. San Martín y Avda. Godoy Cruz.

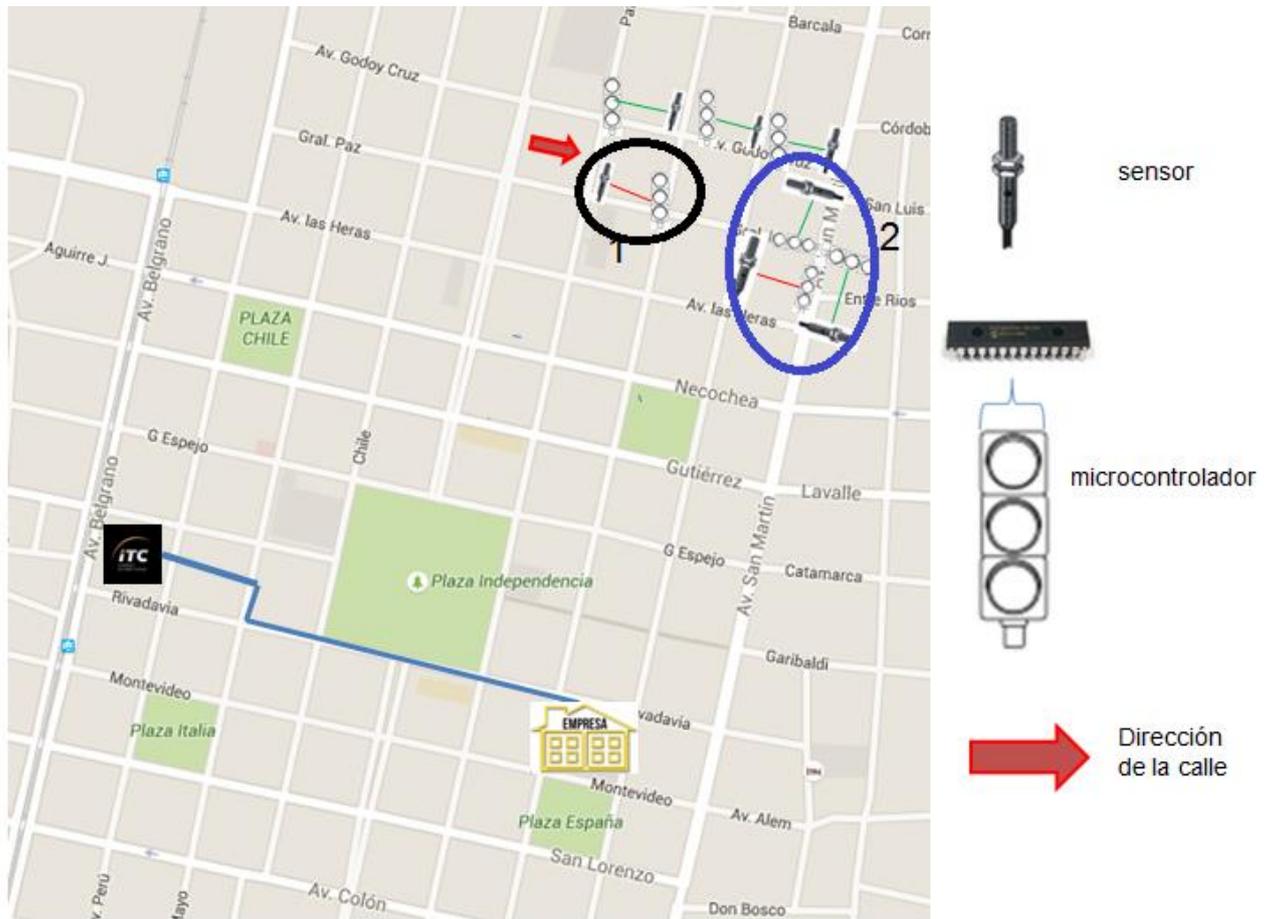


Figura N°79 Área de Administración calles Gral. Paz intersección Avda. San Martín
Fuente : Pablo Varela 27/05/2016

Para el análisis de la (Figura N° 79), se toman dos partes marcadas en azul y negro (elipses respectivas). En la parte negra se indica la dirección de la calle con mano oeste-este y también se indica que el semáforo de la intersección Gral Paz y España es el que mantiene la unión con el sensor anterior a la calle Patricia Mendocinas, lo que significa que solo para esta unión de calles tal como muestra en la Figura N° 79 (elipse azul), indica que la Avda. San Martín intersección Gral Paz posee 3 semáforos.

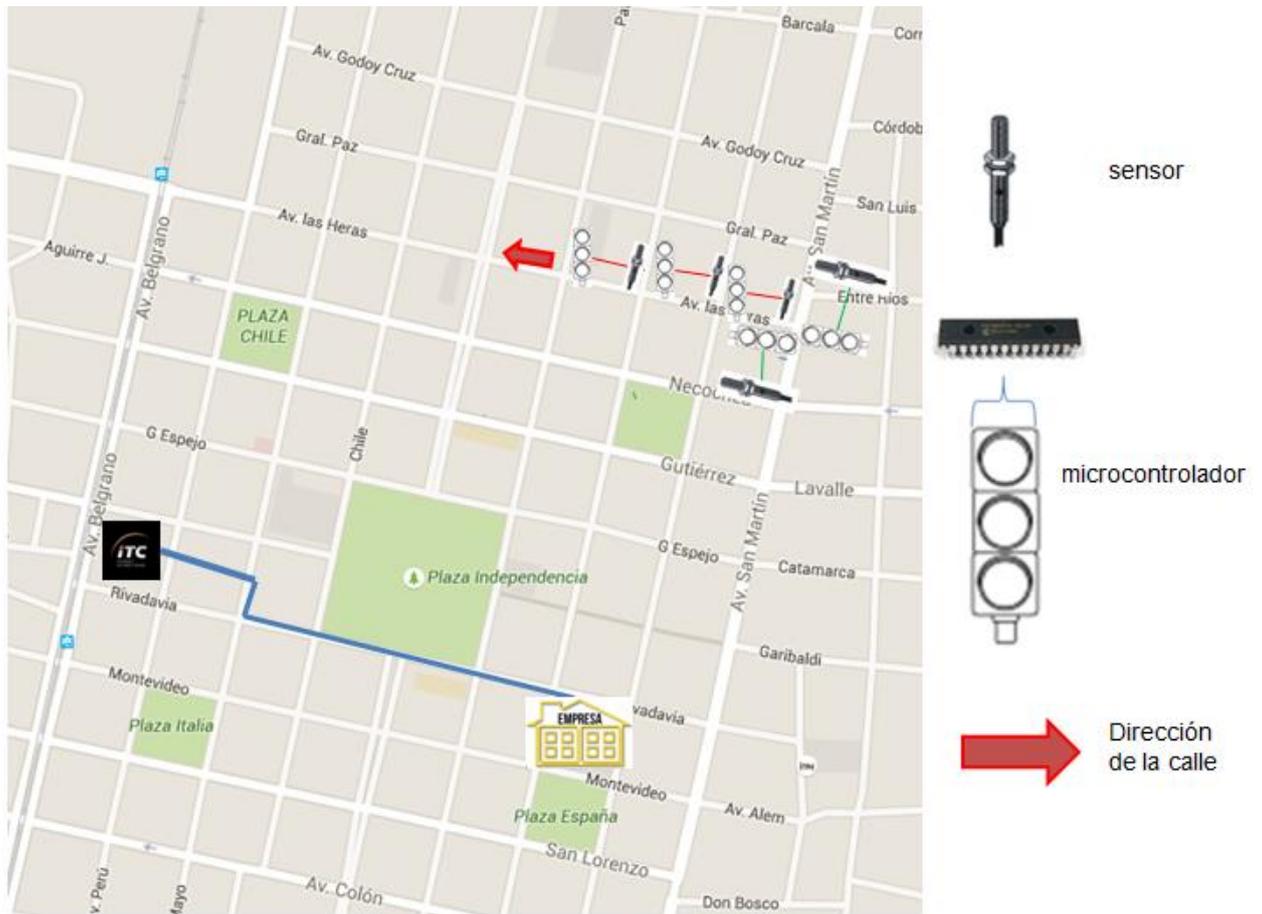


Figura N° 80: Área de Administración calles Avda. Las Heras intersección Avda. San Martín.
Fuente: Pablo Varela 27/05/2016

En el análisis de la Figura N° 80, se representa solo dos semáforos en la intersección Avda. San Martín y Las Heras, además se toma en cuenta para el análisis solo una mano con dirección este-oeste.

En la intersección de Patricias Mendocinas y Avda. Las Heras se encontrará el semáforo correspondiente que mantiene la unión con el sensor ubicado en la misma calle Las Heras. De esta forma, el siguiente par, sensor semáforo se ubicará en la cuadra siguiente, próxima a Avda. San Martín, y así con el siguiente par. Por lo tanto, esto indica que no es necesario otro par semáforo sensor en la esquina Avda. San Martín y Las Heras.

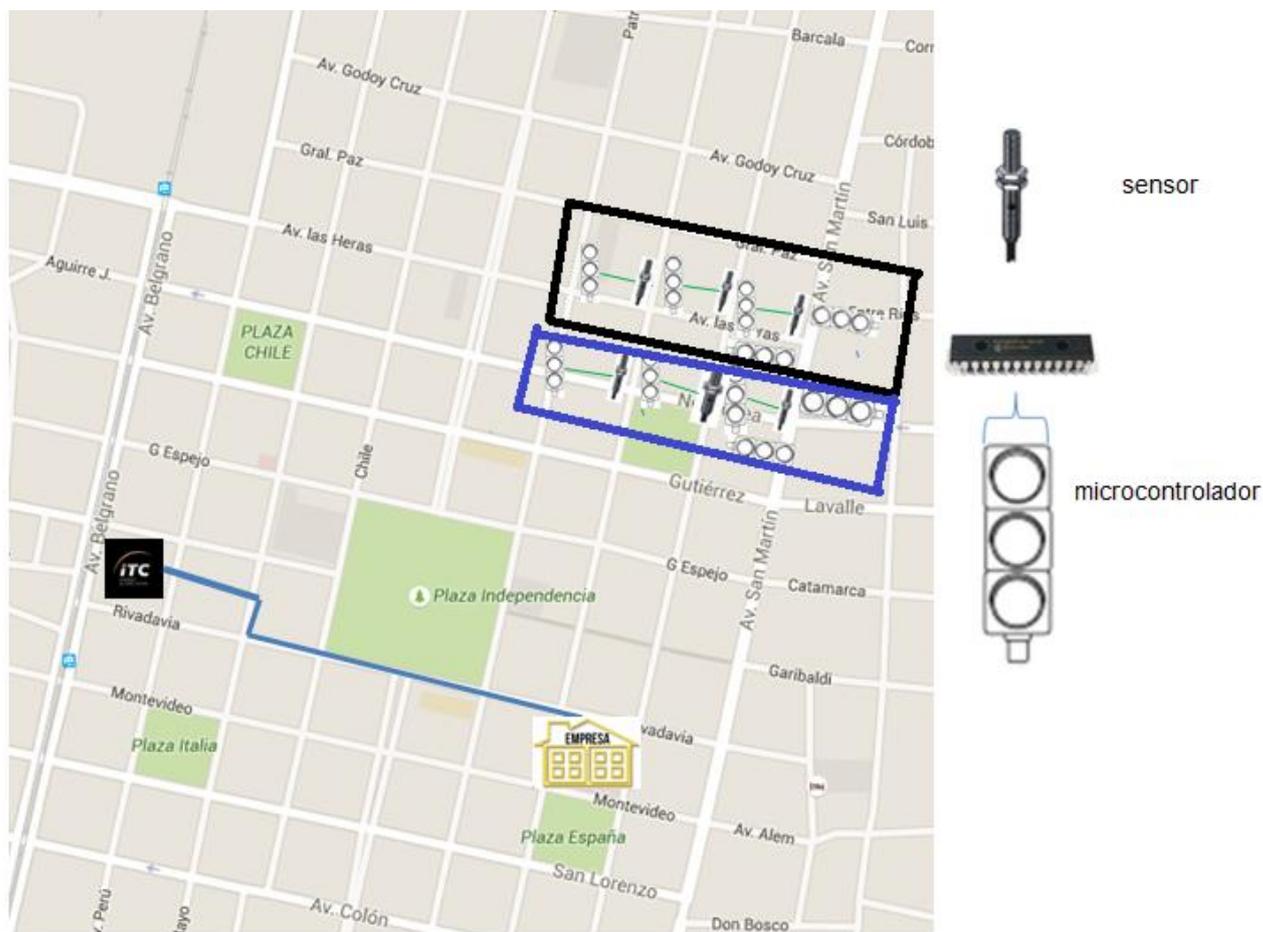


Figura N°81 Administración calles Necochea y Las Heras.
Fuente : Pablo Varela 27/05/2016

En la Figura N° 81, las dos áreas son idénticas, además, las direcciones en las que se dirigen los vehículos son iguales en los rectángulos mostrados en la figura. Entonces se tendrá en cuenta la misma cantidad de microcontroladores y sensores que en la Figura N°80.

Se hace notar que el análisis que se hace para la Avda. las Heras y Avda. Godoy Cruz, en donde se toma solo una sola dirección de circulación, es al solo efecto de simplificar el estudio, que al agregar la otra dirección en ambas avenidas (Las Heras y Godoy Cruz), el análisis es de modo análogo en cuanto a la ubicación de semáforos, microcontroladores y sensores.

4.2. Tecnología Elegida para la Solución del Problema "Sistema Adaptativo SCOOT"

4.2.1. Motivos

1. Mejor Sistema en adaptarse a la tecnología Actual: Prácticamente con el agregado o con algunos cambios en los semáforos actuales el sistema estaría en condiciones de funcionar, en conjunto se debe considerar la colocación de los sensores. Otros sistemas como Procesamiento por imágenes o Red GPRS requieren de dispositivos más caros, remodelar los semáforos y un mantenimiento mayor.

2. Mejor sistema en manejo de Congestión: El protocolo SCOOT administra y modela automáticamente los tiempos en el ciclo de la señal de los semáforos, por lo tanto el operador solo necesitará el llamado de atención desde el administrador de congestión en los momentos que se requiera.

3. Mejor sistema en administración de datos: SCOOT además proporciona datos estadísticos en jornada de tiempos, básicamente toma datos en momentos presentes los analiza y los guarda en una base de datos para posteriormente procesarlos y proporcionarle al administrador una visualización de ellos.

4.2.2. Ventajas y Desventajas

Ventajas

- Funcionamiento continuo: En caso de que la fibra se corte los microcontroladores siguen funcionando con la programación proporcionada.
- Sistema automático: SCOOT modela automáticamente datos de manera de establecer correcciones en los tiempos de la señal. Al mantener el control de los dispositivos se sabe qué valor variar para el óptimo funcionamiento del microcontrolador.
- Control centralizado: SCOOT, además, posibilita la opción de que el operador pueda setear valores, administrar, controlar, entre otras cosas.

Desventajas

- Pérdida del Sistema Adaptativo: Sin embargo ante un eventual corte de fibra el microcontrolador deberá seguir sus propias instrucciones.

4.2.3. Justificación

La elección de esta tecnología es básicamente por su elevada eficiencia para el control del tráfico, a pesar de ser un sistema complejo pero con resultados excelentes, además, de proveer compatibilidad en la instalación con los semáforos convencionales.

No obstante también se justifica que para el armado del sistema desde la configuración del software hasta la instalación de los microcontroladores la compatibilidad es alta, lo que permite una escalabilidad del sistema si en un futuro se requiere ampliar la cobertura con este tipo de tecnología.

4.2.4. Solución

En base a la tecnología seleccionada para confeccionar la unificación del sistema de semáforos existente en Mendoza, a un sistema de semáforos inteligentes, se dará desarrollo del paso a paso a seguir para que el sistema trabaje de manera eficiente. Otro punto a tener en cuenta es proporcionar una actualización de semáforos convencionales al sistema LED. Para, entonces, establecer una actualización en las condiciones energéticas, tecnológicas y para facilitar cambios futuros.

4.3. Esquemas de conexión semáforos y microcontroladores

Características de los semáforos convencionales con el agregado del microcontrolador en la plaqueta de circuitos.

CIRCUITO IMPRESO

Transformador	230V/7V 300mA
Puente rectificador Redondo	B250C1500
Condensador electrolítico	470 μ F / 26V
Condensador cerámico	100nF /50V
Resistencia	470 Ω 1/4 W
Resistencia	560 Ω 1/4 W
Triac	BT136 4A - 600V
Optoacoplador	MOC3011
Zócalo Circuito Impreso	6 pines
Zócalo Circuito Impreso	8 pines
Regulador	L7805CV +5V/1A
Regleta Circuito Impreso	de 2 contactos
Conmutador soldable	deslizante
Placa para Circuito Impreso	150 x 100 mm
Microcontrolador	

Figura N°82 : Sistema electronico del semaforo.⁹⁶

⁹⁶ Fuente: <https://jferrero2001.files.wordpress.com> 15/11/2015

4.3.1. Características Electricas del Microcontrolador a Colocar en los Semaforos

El PIC16FXXX debe tener las siguientes características de eléctricas para la instalación:

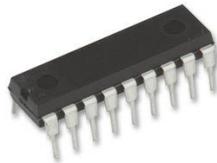


Figura N° 83: Microcontrolador PIC16FXXX.⁹⁷

- Corriente máxima absorbida: 80mA Puerto de entrada y 150mA Puerto de Salida.
- Corriente máxima suministrada: 50mA Puerto de entrada y 100mA Puerto de Salida.
- Corriente máxima absorbida por línea: 25mA
- Corriente máxima suministrada por línea: 20mA
- Voltaje de alimentación (VDD): De 2 a 6 V DC
- Voltaje de grabación (VPP): De 12 a 14 VDC

⁹⁷ Fuente: <http://apuntes-electronicos.blogspot.com.ar> 11/11/2015.

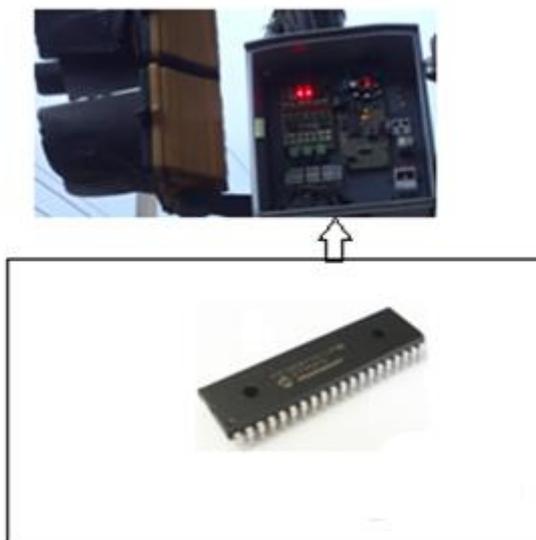


Figura N° 84: Microcontrolador.⁹⁸

⁹⁸ Fuente: <https://i.ytimg.com>

4.3.2. Conexión Eléctrica Microcontrolador hacia las Salida LED

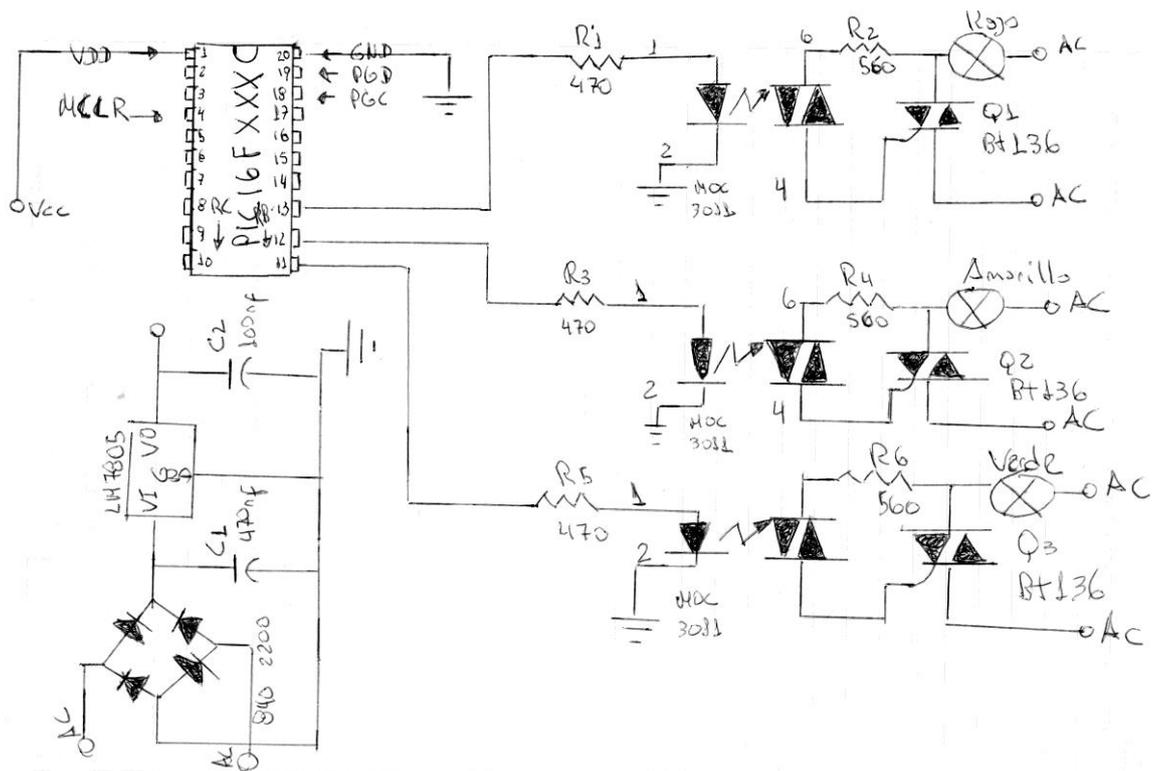


Figura N°85: Distribución eléctrica PIC16FXXX en contacto con los LEDs del semáforo.
Fuente: Varela Pablo 31/01/2016

4.4. Diagrama de Conexión Contacto seco al Microcontrolador

El siguiente esquema muestra el sistema de conexión desde el sensor (contacto seco) hasta la conexión con el microcontrolador. En el mismo se detallan diferentes uniones para poder establecer el envío y recepción de datos desde un punto a otro, por lo tanto, hay que tener en cuenta el camino desde el sensor hasta el microcontrolador.

El contacto seco llega hasta el controlador RS-232 mediante un cable de cobre, posteriormente desde el controlador se proporciona una extensión RS-232 hasta un conversor que une las dos configuraciones distintas (por un lado RS-232 y del otro RS-485) a continuación se une el cable tipo RS-485 con una distancia aproximada de 60 metros posteriormente se vuelve a conectar a otro conversor de RS-485 a RS-232 con el fin de poder establecer conexión con la ficha hembra DB-9 en la entrada serial de la plaqueta del microcontrolador.

Es necesario tener en cuenta que se utiliza la norma RS-485 porque permite distancias máximas de 1800 metros en cambio en RS-232 las distancias máximas son de 15 metros. Por lo tanto, se usa RS-485 porque la distancia aproximada desde el contacto seco hasta el microcontrolador debe ser de aproximadamente 70 metros.

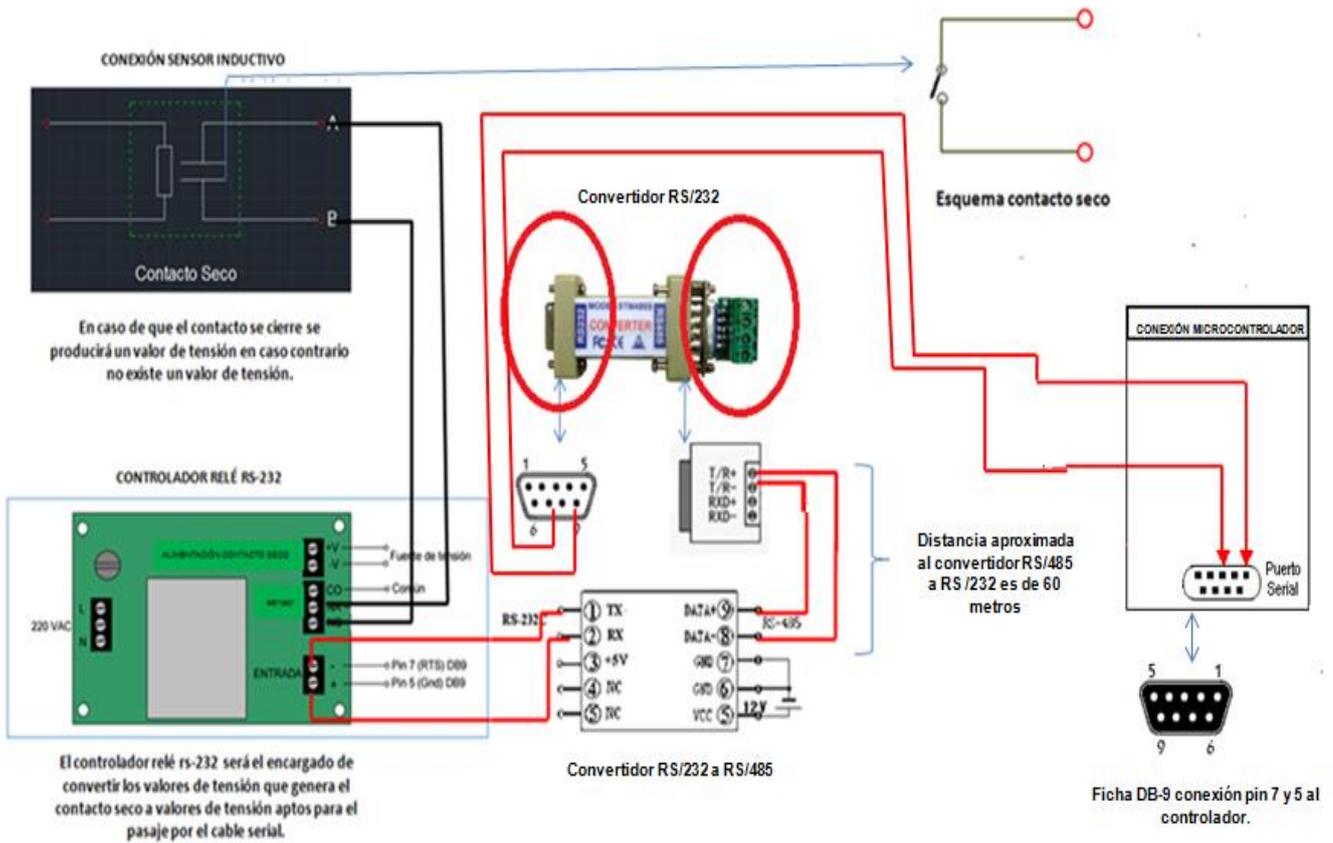


Figura N°86: Conexión puerto serial, contacto seco.
 Autor : Pablo Varela 17/04/2016

4.5. Para la conexión VPN por Internet

Se requiere en la Central, una buena conexión a internet, por lo tanto una opción sería establecer servicio con ITC de Mendoza, ya que es una empresa que provee conexión de banda ancha dedicada y proporciona, además, el servicio para poder establecer una red privada obligatoria. (Figura N°87).

Conexión óptima de 100 MB mínimo para retardos de envío y recepción de datos menor a 10 ms.

Además hay que tener en cuenta que, para comunicarse desde el interior de la empresa a los dispositivos finales (microcontroladores), ubicados en el exterior se debe usar una VPN, por lo tanto, los servidores dentro de la empresa manejarán las IPs asignadas a cada uno de los microcontroladores que manejan la red SCOOT.

Dentro de la red de la empresa los operarios harán uso de computadoras con Windows server y habilitados mediante certificado de equipo y claves que servirán, para poder establecer la conexión mediante el protocolo L2TP/IPSec. El servidor, por lo tanto, también deberá disponer de un certificado y clave local para poder brindar el servicio.

En la Figura N°87 se muestra las IPs privadas utilizadas en los dispositivos finales, además, de representar la red VPN que llega a los dispositivos. También, se muestra los servidores con las IPs que identifican los dispositivos finales y los certificados clientes/servidor para la encriptación de datos.

Dirección clase C en los microcontroladores

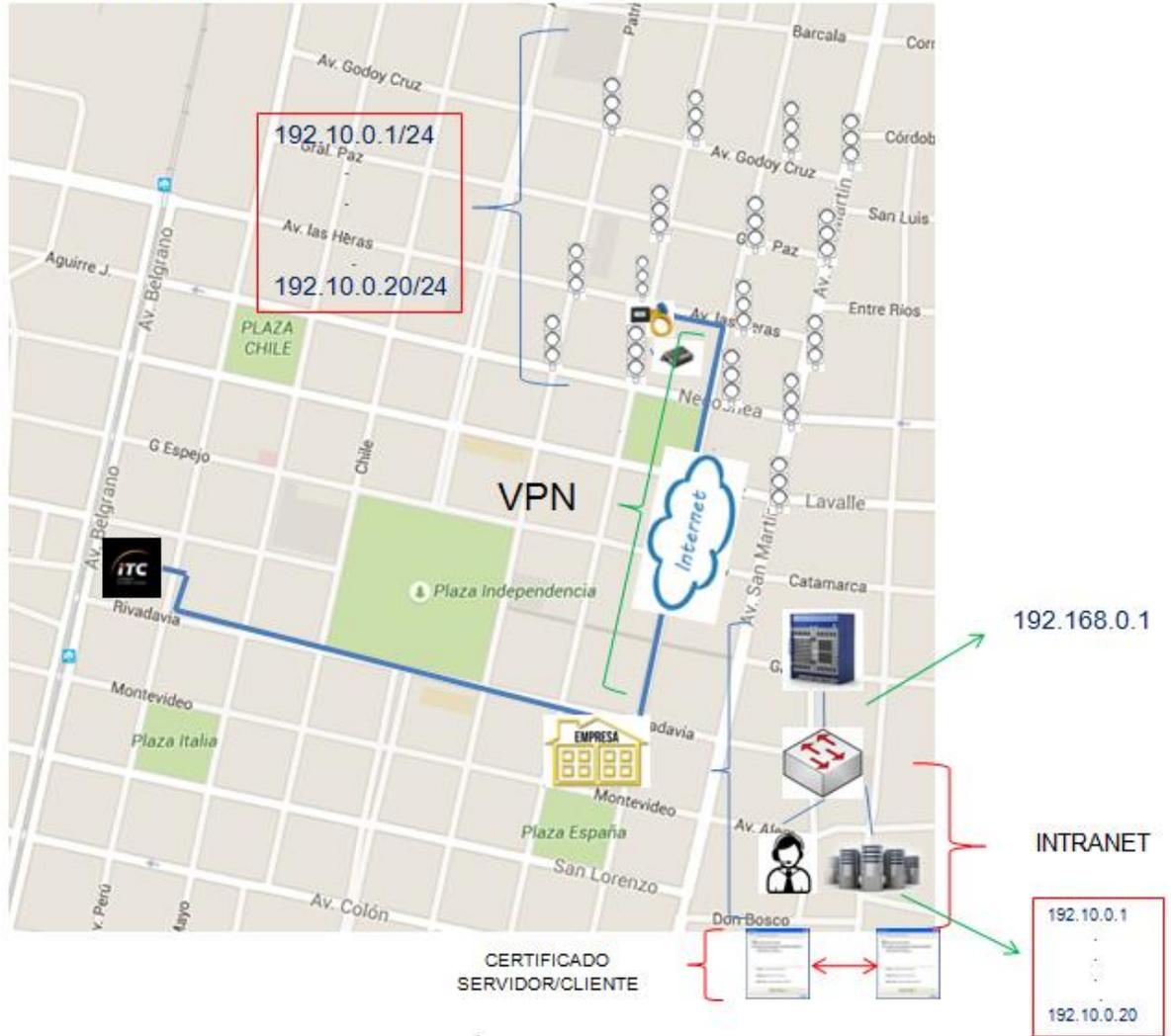


Figura N° 87: Representación VPN zona de control.
 Autor : Pablo Varela 08/06/2016.

- En la Figura N°88 se muestra la conexión con el proveedor para brindarle servicio de internet el cual la empresa debe contar con: mínimo un router con interface WAN 10/100 BaseT Ethernet o una Gateway con una placa para comunicaciones 10/100 BaseT Ethernet disponible y configurada a 100 Mbps.



Figura N° 88: Esquema prototipo del Servicio Brindado en Mendoza.

Fuente : Pablo Varela 31/01/2016

4.6. Sistema de funcionamiento Esquema Físico

- ✓ El punto uno, establece el servicio de internet brindado por el proveedor a la empresa, la conexión de tipo (fibra óptica) y contacta con la central mediante un router (Figura N°89).
- ✓ En el punto número tres se especifica cómo trabajan los dispositivos dentro de la empresa (central) y en ella se especifica que el área privada se delimita a través de un Swicht Administrable. Muestra también los operadores y los servidores, arriba del Swicht lo delimita un dispositivo tipo OLT el cual será el encargado de dividir el sector empresarial y conectar la fibra del otro lado para el envío de datos.
- ✓ Llegando al área o zona de control SCOOT se necesitara un splitter óptico encargado de dividir la señal proveniente de la central en varios puertos de salida.

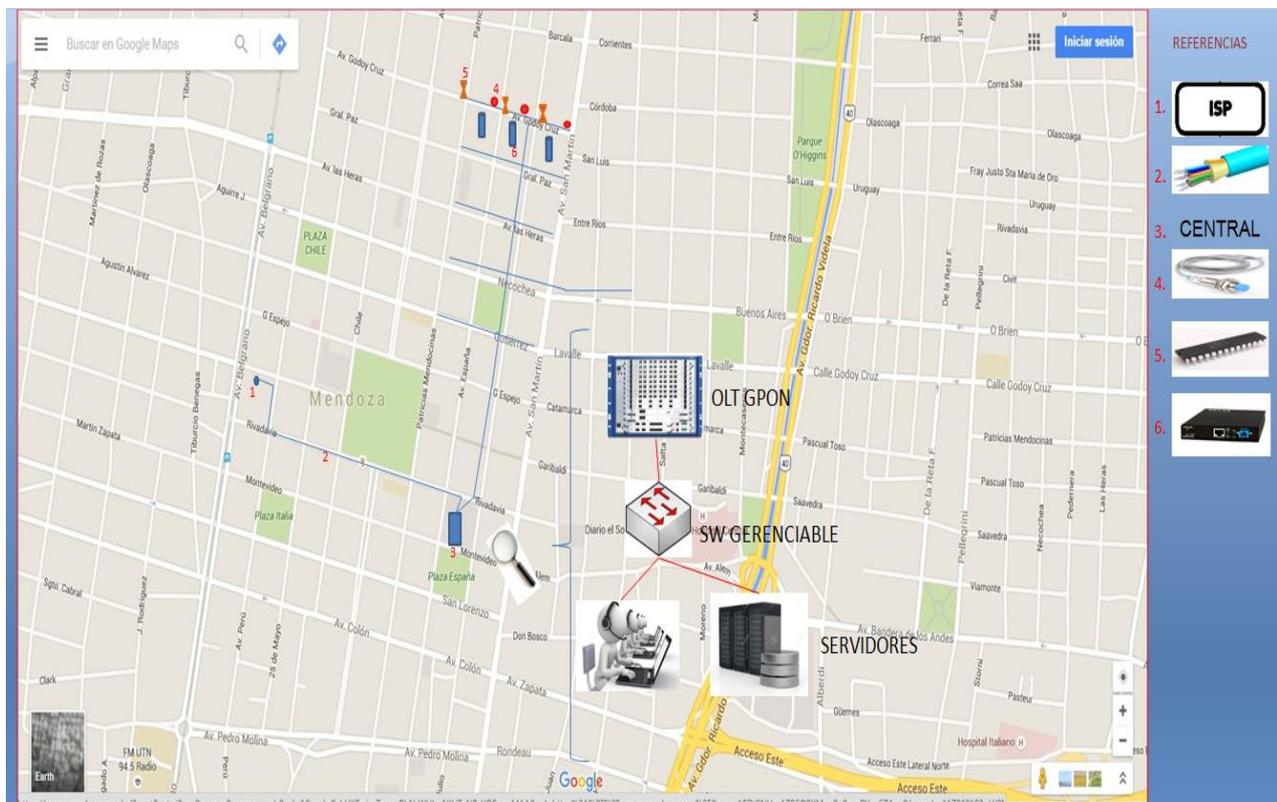


Figura N° 89: Distribución interna de los dispositivos en la Central.
Fuente : Pablo Varela 17/04/2016.

✓ El punto 7 de la (Figura N°90), específicamente, corresponde al sensor inductivo quien estará unido al microcontrolador por conexión serial. Para esto, entonces, el sensor mediante contacto seco se enlaza con el cable serial a través de un dispositivo controlador a relé RS-232 de manera de conectarse al microcontrolador, además el PLC, poseerá contacto hacia la central proporcionada por un dispositivo de red (plaqueta de red para microcontrolador) que establece la dirección IP.

✓ El punto 11 indica un dispositivo tipo ONU, encargado de hacer la conversión de fibra a cobre y viceversa. Con la conexión hacia el microcontrolador a través de la placa de Red indicada y hacia la central por fibra.

Se utiliza un cable resistente a altas temperaturas al colocar el sensor ya que es tapado por breca caliente.

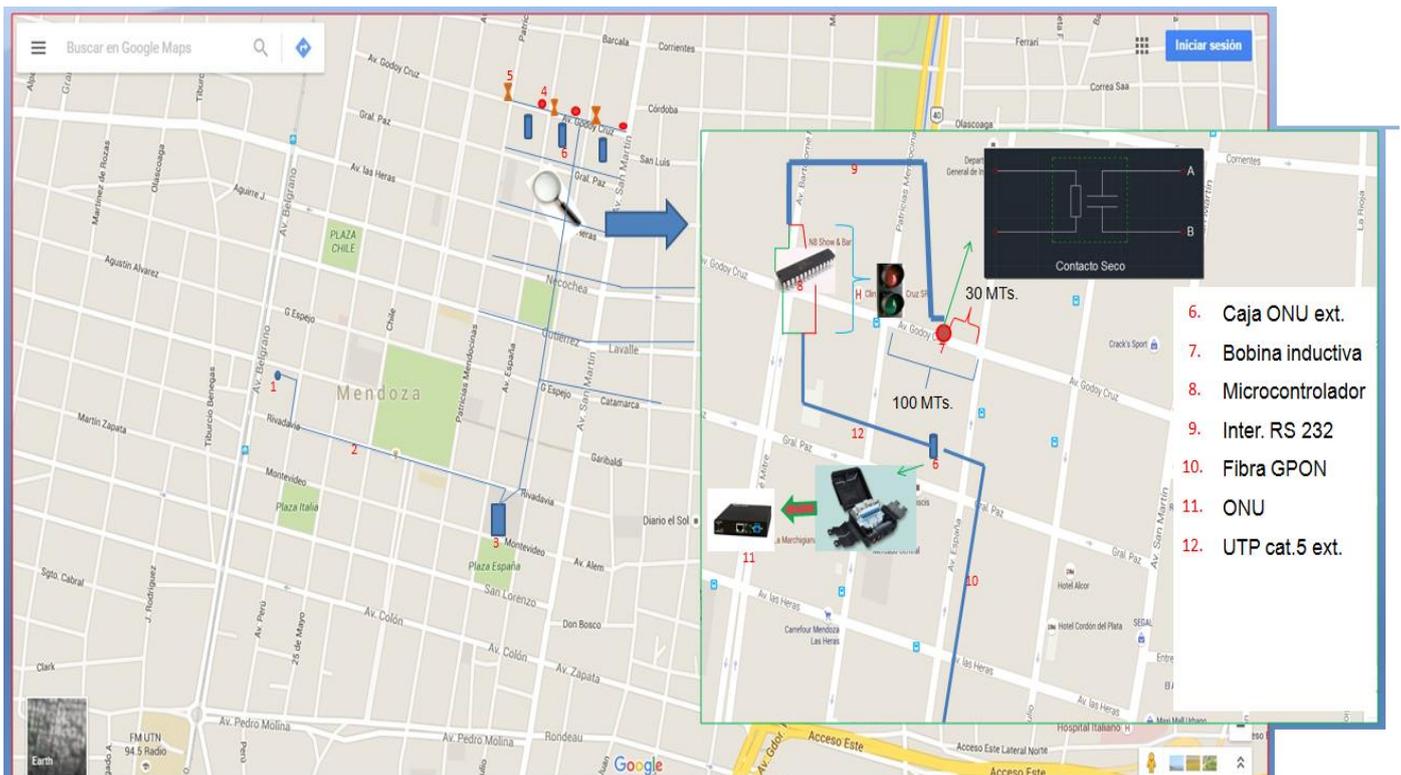


Figura N° 90: Análisis detallado Zona de control.

Fuente : Pablo Varela 17/04/2016.

4.6.1. Sistema de funcionamiento físico en la zona SCOOT

En la Figura N° 91, se representa la zona de trabajo que abarca SCOOT en Mendoza y los dispositivos que incluyen. En la figura N°91, además, la misma zona se encuentra copiada en dos partes para mostrar con mayor nivel el esquema de funcionamiento físico.

En el área de Mendoza que se encuentra en la Figura N°91, mas a la izquierda se muestra la conexión del proveedor de internet elegido en la zona céntrica y la conexión que se establece con la empresa en las calles Rivadavia y España (como ejemplo) de la misma ciudad. Posteriormente se especifica la distancia existente entre la empresa hasta el Splitter óptico ubicado en las uniones de las calles Avda. España y Avda. Las Heras y comprende una distancia de aproximadamente 600 metros, a su vez, se establece conexión con un splitter óptico encargado de dividir y distribuir la señal en los 20 ONUs que comprende el área que abarca SCOOT.

Por otro lado, las uniones rojas representan conexiones de cable de cobre que une los ONUs con los microcontroladores que existen en los semáforos, a su vez, los microcontroladores de los semáforos se conectan a los sensores ubicados en el asfalto a una distancia específica. Están conectados con el microcontrolador por un enlace serial tal como muestra la Figura N°92 representado por uniones verdes.

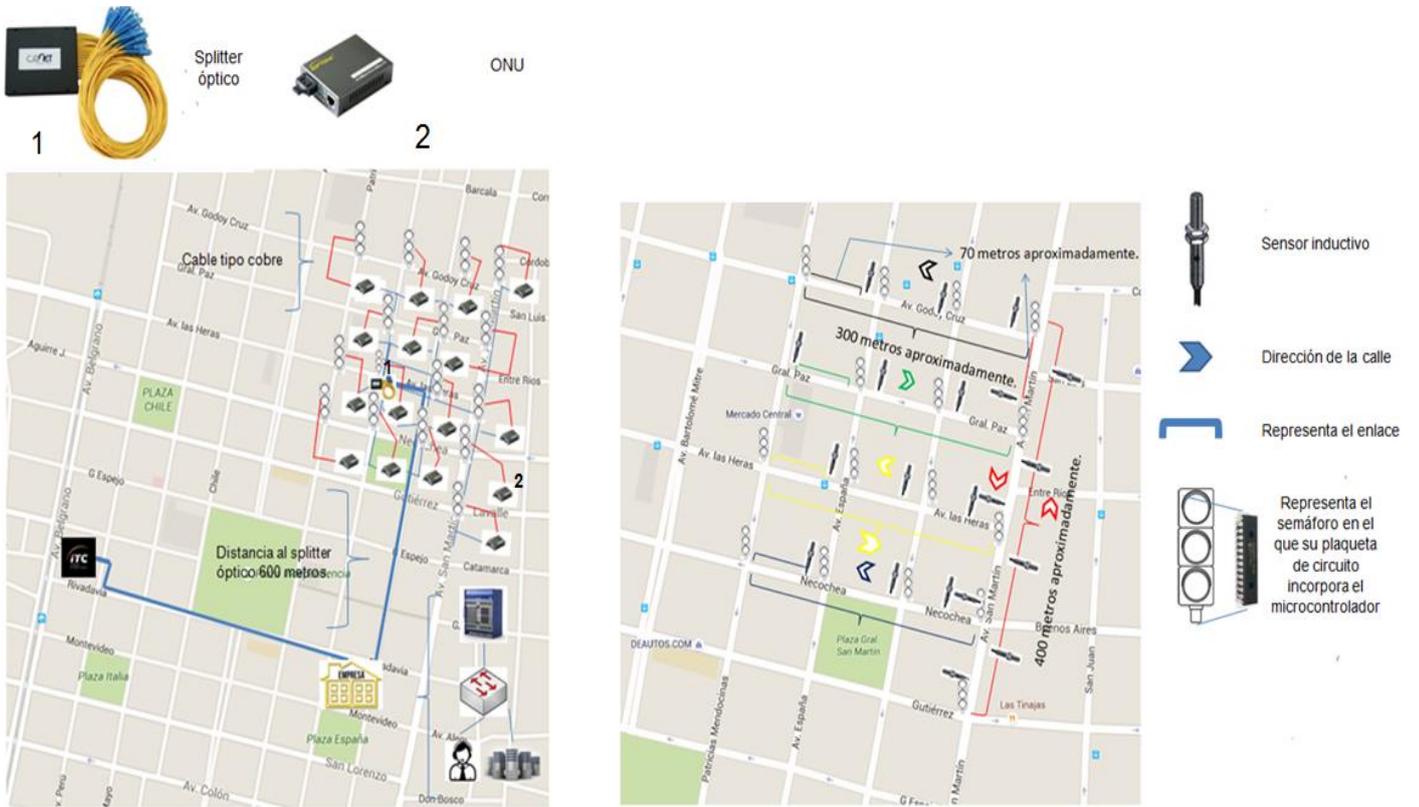


Figura N° 91: Representa los enlaces físicos correspondientes a los distintos dispositivos.
 Fuente: Pablo Varela 17/04/2016

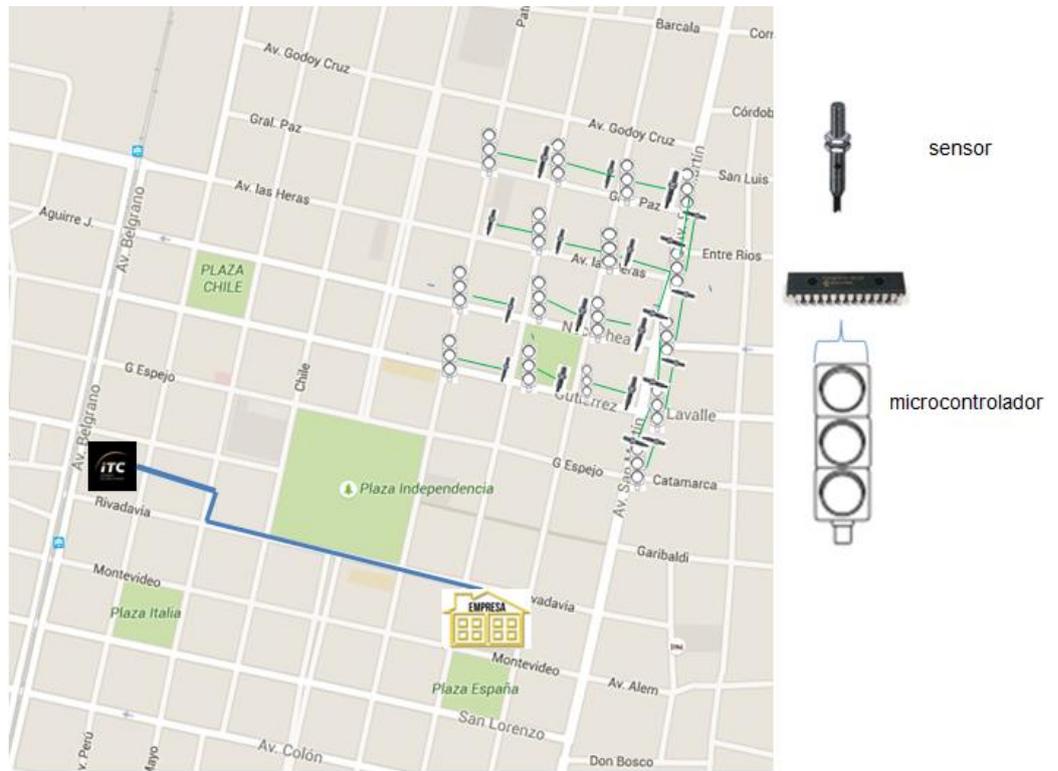


Figura N° 92: Muestra la conexión del microcontrolador en el semáforo hacia los sensores.
Fuente: Pablo Varela 17/04/2016

4.7. Sistema de funcionamiento Lógico

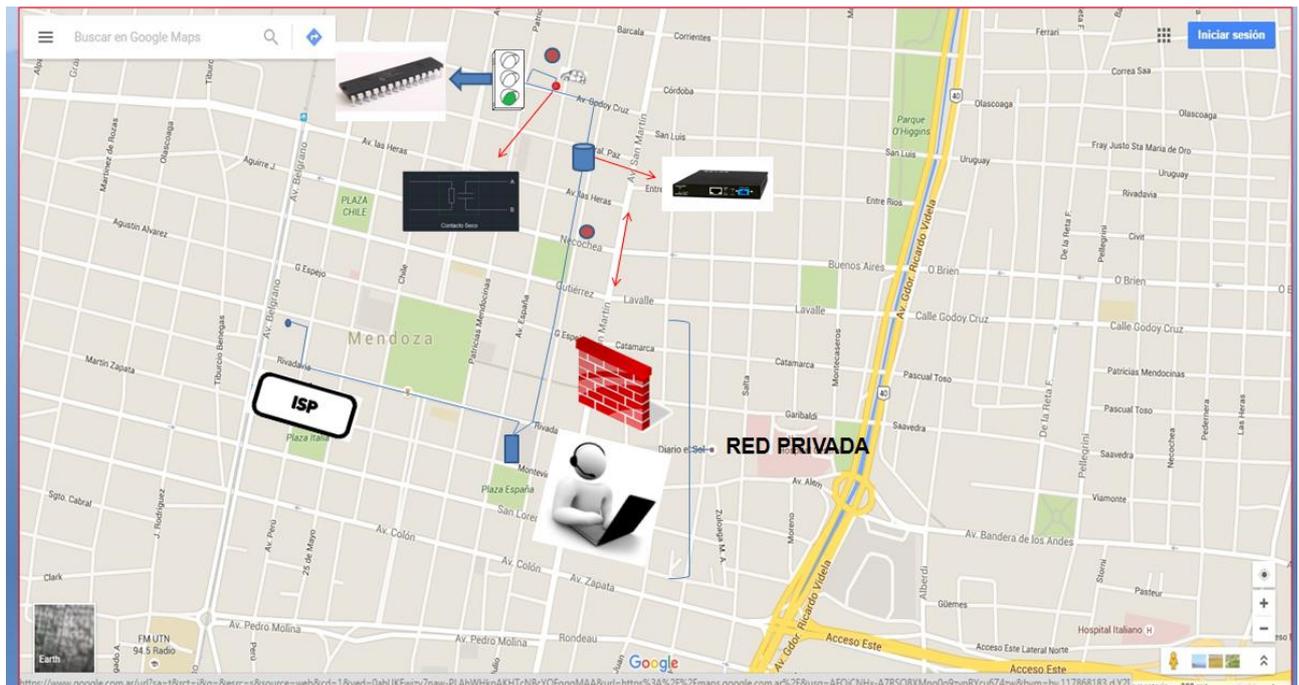


Figura N° 93: Esquema de análisis de funcionamiento Lógico.

Fuente : Pablo Varela 17/04/2016

La central está en constante control enviando datos 4 veces por segundo y verificando entonces si en tal enlace se está produciendo un cambio de estado en los sensores. Los operadores, para llevar a cabo el control, utilizan el protocolo SNMP a nivel de aplicación para mantener constante control con los microcontroladores en el exterior, en conjunto con UDP quien a nivel de transporte es el encargado de no establecer una conexión previa para el envío de tramas, porque en sus cabeceras llevan suficiente información de ruteo. Los paquetes llegan a la placa de red de los microcontrolador ubicada en los semáforos mediante un enlace previamente establecido a través de una VPN que viaja por internet.

Como ejemplo de funcionamiento de la central, cuando esta procesa el mecanismo de control 4 veces por segundo, y detecta en estos periodos de tiempo, que un vehículo a pasado por el sensor, (pisando la masa metálica) el cual cierra el contacto y manda los pulsos eléctricos con la información.

Su ping (el tiempo de viaje del paquete en el microcontrolador a la central y viceversa) debe estar comprendido entre $100 < x < 200$ (ms), contando los tiempos en que (el sensor detecta la variación de inductancia, el tiempo de viaje por el cable de alta resistencia, y el envío por la VPN en internet). En la central el kernel SCOOT hará su trabajo o proceso correspondiente para suministrar

valores de tiempo a los microcontroladores, de manera que estos adecúen los tiempos en los semáforos y por lo tanto evitar posibles congestiones.

Hay que tener en cuenta que el proceso debe identificar si existen errores. Para poder hacer una corrección de errores en SCOOT el sensor debe estar ubicado entre 70 y 100 metros antes del semáforo, para tener tiempo suficiente y no generar un retardo en el enlace.

Dentro de la central se mantiene una conexión de tipo privada o intranet limitada por un router y sus servidores (con los datos IPs. de los microcontroladores), además la red privada interna establece el servicio de control desde el interior de la empresa hacia el exterior, en caso contrario estará restringido todo tipo de acceso.

4.8. Lógica de Descongestión

La central de comunicación encargada del control y proceso de datos, es quien ordena a los microcontroladores lo que deben hacer, armando un perfil apto para los vehículos que pisan los sensores en cada enlace. Esta lógica opera automáticamente a medida que los datos le son proporcionados a SCOOT, entonces, se procesa el caudal de vehículos que pasan por cada enlace así como también los retardos, la ocupación del vehículo en el sensor, etc.

El algoritmo de SCOOT le permite al programa establecer el modelado de estos datos de manera que al ser enviados de vuelta por la fibra modifican las señales del semáforo a través de los microcontroladores, que van a ir variando según sea necesario para evitar cualquier cola de vehículos.

Un imprevisto de SCOOT es no prever anticipadamente una cola en un enlace primario detrás de uno secundario, lo que puede causar una congestión desmedida. Para resolver esto SCOOT procesa la congestión, como el periodo en un tiempo de ciclo de señal en el semáforo está ocupado por 4 o más segundos, cuando esto ocurre el protocolo resuelve con dos maneras posibles, automáticamente seteando el valor CGIF del enlace primario sin previo aviso al administrador o manualmente (por el operador) indicado a través del administrador de congestión.

El valor CGIF es un valor de preseteo ajustado antes de ingresar al sistema de control, quien resuelve cual es el valor óptimo para el manejo del tráfico en cada enlace. SCOOT entonces deberá ajustar el valor CGIF del enlace primario a un valor mayor para efectuar cambios en los tiempos de los semáforos más rápidamente, para entonces prevenir otra posible congestión y no causar problemas en los enlaces antecesores a este.

4.8.1. Congestión

La congestión en SCOOT generalmente es producida cuando se generan colas de vehículos producidas por diferentes factores (por ejemplo horarios picos, accidentes, etc). El sistema SCOOT determina que se ha formado una cola de vehículos para un semáforo cuando el detector de este enlace es ocupado por un periodo de 4 o mas segundo.

El sistema toma datos de los vehículos que pasan por cada sensor en el área que administra y manda la señal a la central, el sistema los procesa estableciendo calculos y determinando velocidades , retardos, etc.

SCOOT etiqueta estos datos como datos "basicos ASTRID". En la central estos sirven para ayudar al algoritmo en el programa a determinar si hay congestión y los va guardando en una base de datos con el fin de proporcionarle al administrador referencias estadísticas.

El sistema SCOOT trabaja con un valor ajustable llamado CGIF, el cual le indica al administrador que valor de referencia a cada semáforo en el área que administra SCOOT se le debe proporcionar.

Por ejemplo:

VALOR CGIF:	TIEMPOS SEG.	COLOR SEMÁFORO
3	15 seg.	Verde
	2 seg.	Amarillo
	15 seg.	Rojo
2	12 seg.	Verde
	2 seg.	Amarillo
	12 seg.	Rojo
1	18 seg.	Verde
	2 seg.	Amarillo
	18 seg.	Rojo

En la tabla se indican 3 valores CGIF, la cual expresan los tiempos que debén mantener los semáforos según el valor CGIF correspondiente. En caso de que el valor CGIF no sea óptimo para un semáforo por ejemplo por el aumento de vehículos este valor deberá ser modificado o ajustado.

Para el correcto funcionamiento de SCOOT el sistema simula anteriormente estos valores en un programa para ver si su funcionamiento es el correcto para su posterior colocación en el sistema SCOOT con los semáforos reales.

Puede, entonces, ocurrir que el sistema SCOOT que administra los semáforos reales necesite actualizar el valor CGIF del programa.

Si el valor CGIF es bajo y el número de autos es mayor puede producir una cola.

Sin embargo SCOOT previene esto de dos maneras:

1° Ajustando el valor CGIF automáticamente sin previo aviso de darle a conocer mediante un mensaje al operador, por lo tanto el sistema lo cambia automáticamente.

Para el caso anterior SCOOT debió ser programado de antemano para que el valor sea cambiado automáticamente.

2° Puede darse, también, la opción que el programa SCOOT halla sido programado para que el sistema le indique al operador en caso de que se genere una congestión y que deba cambiar el valor CGIF manualmente.

3° SCOOT además puede programarse para ir ajustando automáticamente los valores CGIF de manera de evitar congestión, ya que el sistema conoce de antemano los tiempos de cambio de luces y la velocidad de cada vehículo que cruza por cada enlace que administra, entonces puede hacer cálculos para manipular el control de acceso.

En el esquema, Figura N°94, muestra como el valor bajo de CGIF en Avda. San Martín y calle Gutiérrez genera una congestión en calle Espejo y San Martín, inmediatamente el supervisor de congestión le indica que debe tomar una acción.

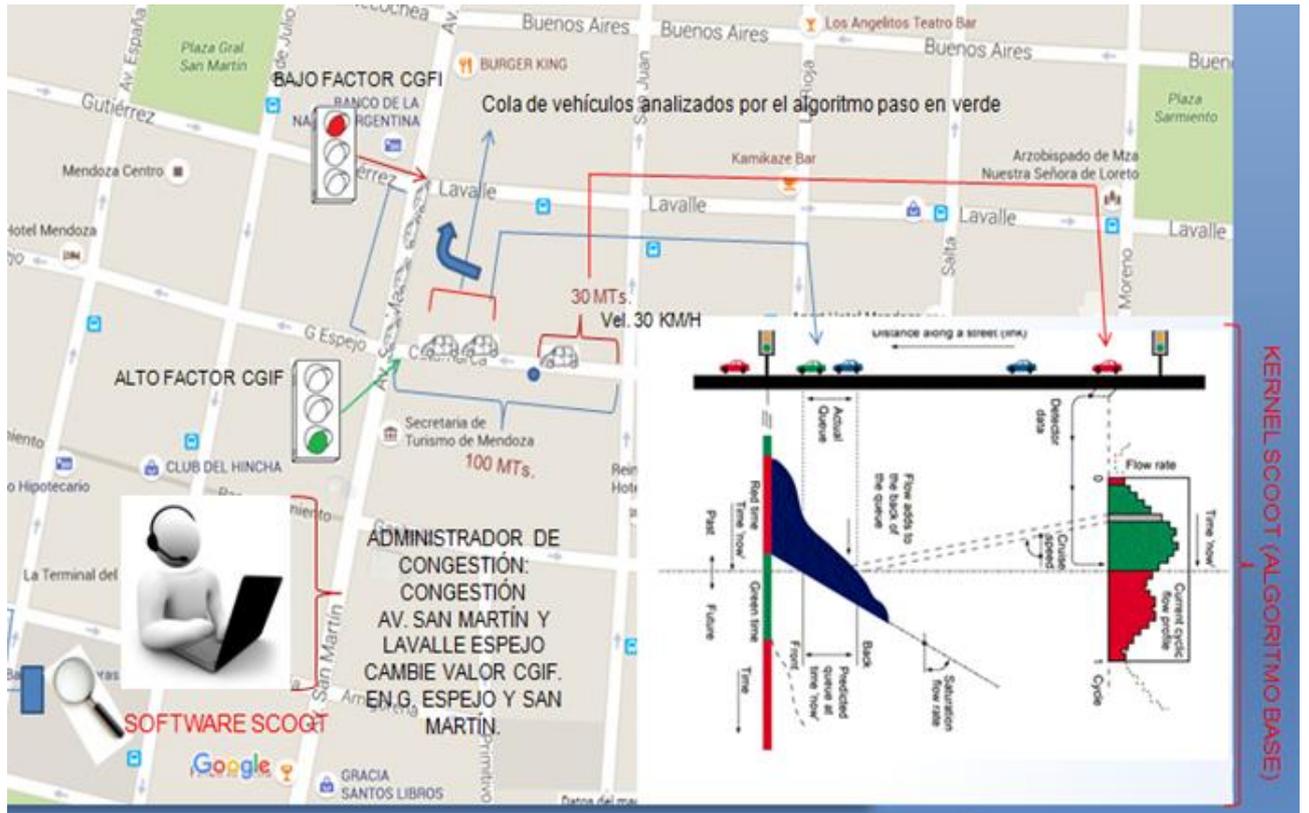


Figura N° 94: Análisis de Congestión.
Fuente : Pablo Varela 17/04/2016

Para descongestionar el operador cambia el valor de la variable CGIF para que rote más rápidamente el ciclo de señal y no genere congestión en la calle Espejo y San Martín. (Figura N°95).

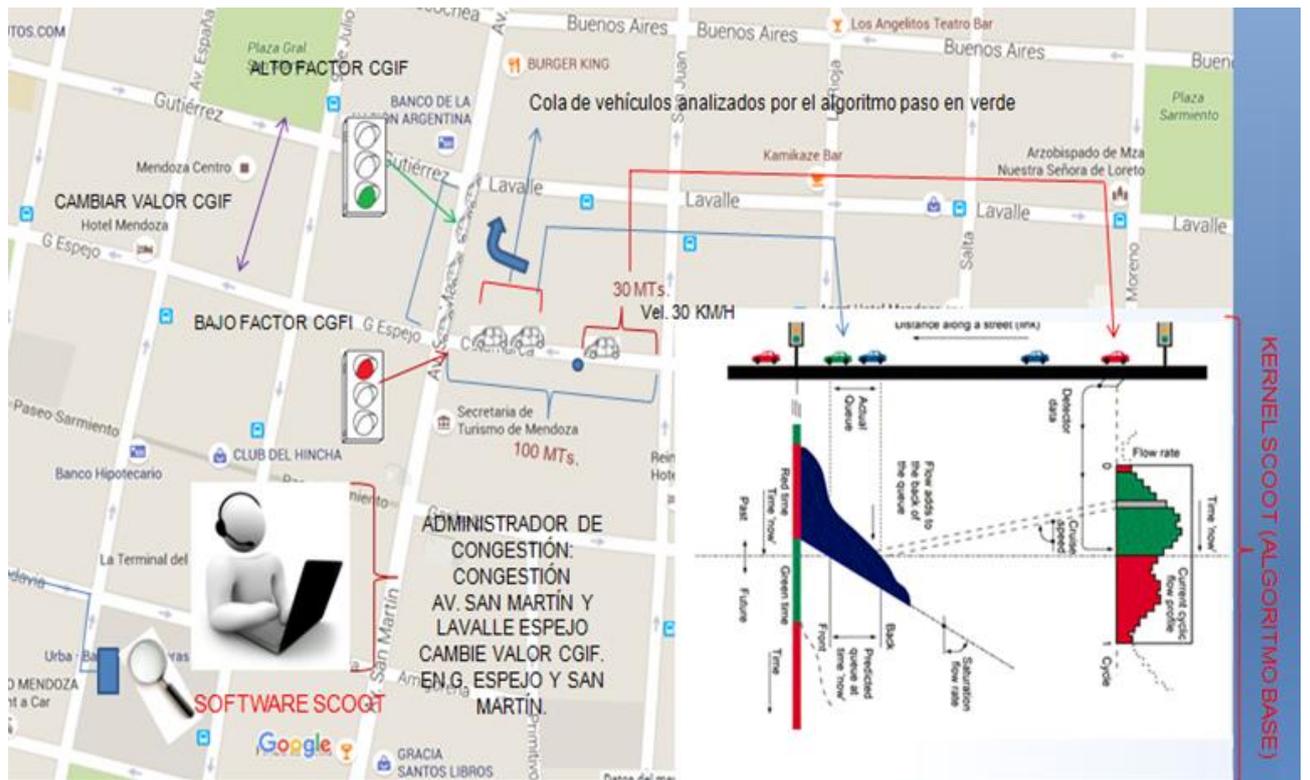


Figura N° 95: Análisis de Descongestión.

Fuente: Pablo Varela 17/04/2016

4.9. Datos SCOOT

4.9.1. ASTRID

El control SCOOT es manejado tanto en la central como en los dispositivos de campo y generan una gran cantidad de tráfico en línea, tales como la cantidad de flujo, retraso vehicular, congestión, etc. Para poder guardarlos automáticamente SCOOT proporciona una base de datos "ASTRID" encargada de almacenar los datos correspondientes a cada enlace para posteriormente ser procesados.

ASTRID almacena información derivada de los datos SCOOT en sus LPU's (unidades de Perfil internas).

SCOOT proporciona los siguientes tipos de datos:

- ✓ Modelados Automáticamente por SCOOT: Este tipo de dato es aquel que SCOOT modela para precisar cambios en los tiempos de los semáforos y estos miden cantidad de flujo, retraso vehicular, congestión, ocupación del detector.
- ✓ Estadísticos: Obtenidos de la suma de los datos modelados en altas proporciones de ellos. El sistema, entonces, puede analizarlos, comprimirlos, almacenarlos y cuando el operador los necesite obteniéndolos mediante algún programa de acceso a base de datos. Evaluándolos con gráficos estadísticos que le proporcione información para mejorar condiciones de tráfico futuros.

4.9.1.1. Datos Basico ASTRID

- Flujo: El valor del flujo de vehiculos que pasan por hora sobre el Stopline (sensor inductivo), es un valor almacenado en ASTRID, que se incrementa según la sumatoria de vehículos que pasan por hora sobre el sensor inductivo.
- Retardo: Este es valor procesado por el algoritmo SCOOT y es tomado como la longitud media de la cola de vehiculos para un valor de ciclo de señal del semaforo en cada enlace, este valor es modelado automaticamente por SCOOT, para obtener los mejores resultados.
- Congestión: Este valor parte del porcentaje de intervalos de 4 segundos cuando el detector está ocupado por vehiculos para el ciclo en rojo del semaforo.
- Detector de Flujo: Valor comprendido para el flujo que se registra cuando los vehículos pasan por la bobina inductiva(masa metalica), a diferencia del dato "Flujo" que comprende los valores por hora, es mayormente usado para determinar un recuento preciso para enlaces de una sola dirección.
- Detector de Ocupación: Un valor que determina cuando el detector esta ocupado por un vehículo y es calculado como el número total de cuartos de segundos del porcentaje que comprende el periodo.

4.9.1.2. Derivado de Datos ASTRID

Los siguientes datos son calculados a partir de la información de los datos básicos ASTRID, estos se almacenan en la base de datos para proporcionar posteriormente datos de tipo estadísticos.

Delay del vehículo (o retraso por vehículo): Es un valor calculado dividiendo los datos básicos (demora/flujo), proporcionando resultados en segundos. Es una estimación del retardo que experimentan los vehículos en un enlace.

Tiempo de viaje: Es un valor que registra la duración del trayecto, y se obtiene mediante la adición del retardo del vehículo analizado, por su velocidad media entre el detector inductivo y el Stopline del (semaforo).

Es una estimación del tiempo en que un vehículo tarda en recorrer un enlace a una velocidad media.

Velocidad: La velocidad se deriva de la longitud del enlace, y es calculada por el delay de un vehículo y el tiempo en que demora este en cruzar los dos ejes por la masa metálica en cuestión.

Índice de la congestión: Un índice de congestión, es un derivado del retraso del vehículo y la hora en que sucede.

Ocupación de los vehículos: Es un valor que muestra la ocupación media de un vehículo sobre un detector y se calcula dividiendo la ocupación del detector por el flujo.

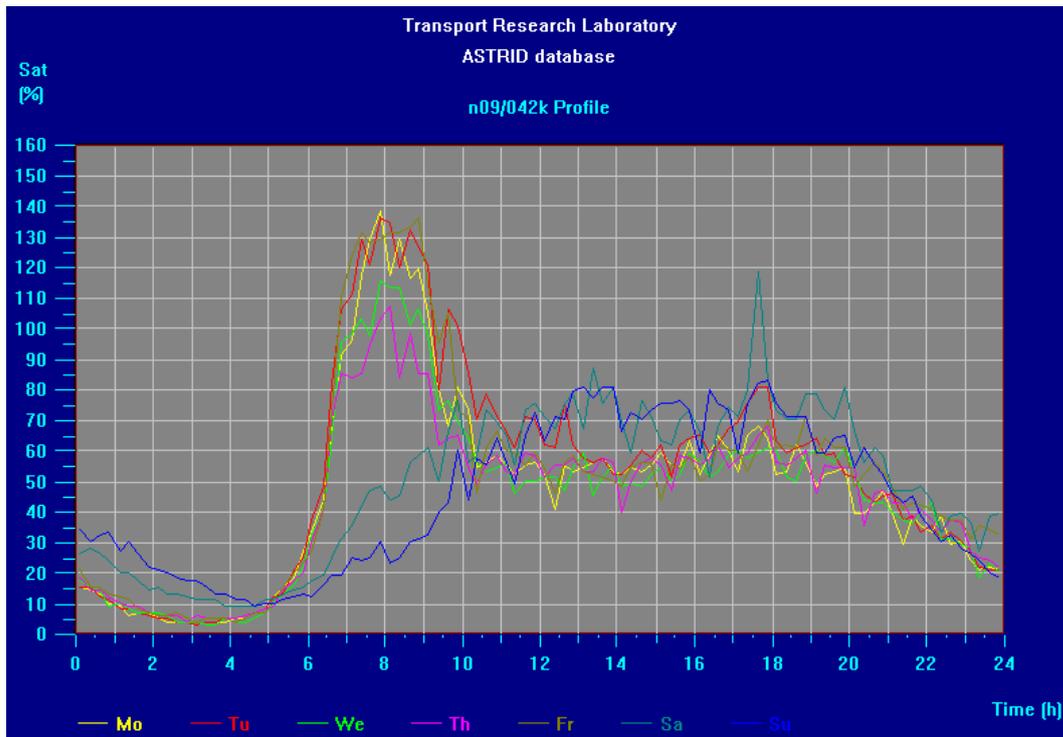


Figura N°96: Análisis Estadístico de transporte.⁹⁹

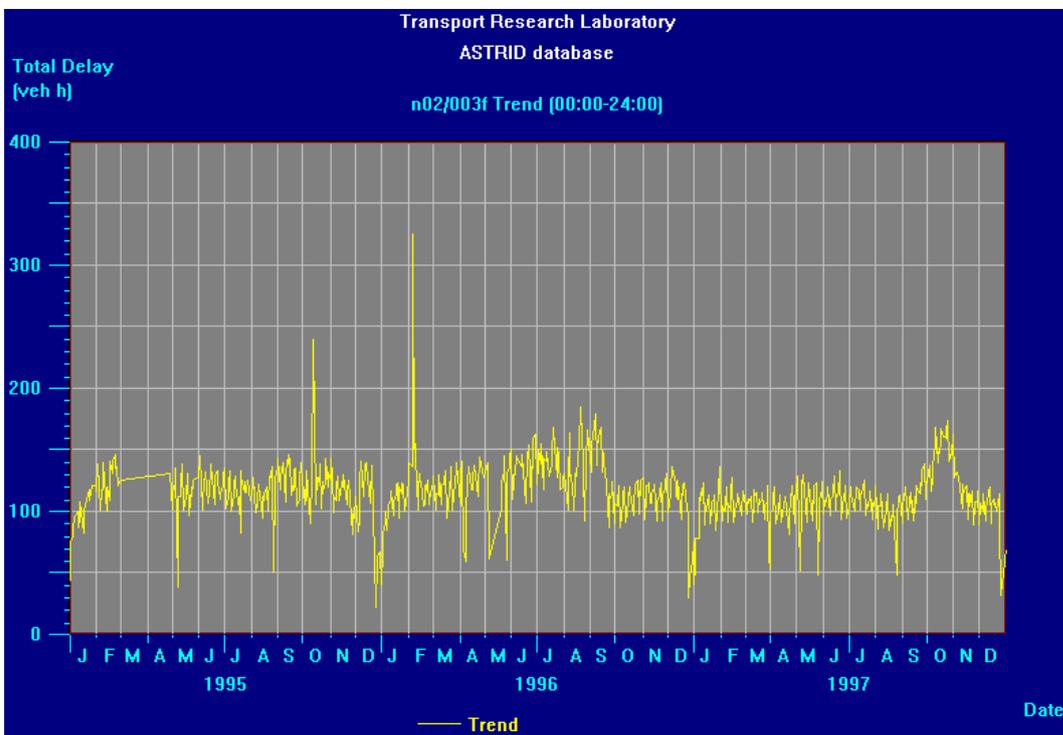


Figura N°97: Análisis Estadístico de los retardos en el transporte.¹⁰⁰

⁹⁹ Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

17/04/2016

¹⁰⁰ Fuente: <http://www.scoot-utc.com>

17/04/2016

4.9.2. DATOS POR NIVELES

Detector: Los detectores, se establecen uno en cada calle, de esta manera los registra el protocolo, salvo en el caso de que existan dos direcciones en un calle, en el cual serán dos detectores para esta misma calle.

Nodo: Intersección de dos calles.

Enlace: calle administrada por SCOOT, el cual comprende desde el semáforo hasta los inductores.

Área: Proporciona un resumen de todos los nodos y enlaces que se encuentran en la zona controlada SCOOT.

5. Conclusión

Luego de realizar una investigación completa para dar solución a una problemática existente en la ciudad de Mendoza, se puede concluir que la situación que presenta el tráfico actual dentro de la zona céntrica de la ciudad de Mendoza, irá empeorando con el transcurrir del tiempo, ya que las estadísticas actuales muestran un crecimiento constante de tráfico vehicular.

El sistema actual de semáforos no soluciona el problema de congestión y no está adaptado a un inminente crecimiento. Es por ello que la tecnología investigada de semáforos inteligentes es la medida a implementar ideal, para eliminar no solamente las grandes colas de espera sino también posibles accidentes que pueden presentarse en las horas más transitadas. Además, de ventajas adicionales, como el menor consumo energético y menor contaminación ambiental.

Gracias a este trabajo, se pudieron cumplir los objetivos propuestos. Se estudió y se seleccionó la mejor tecnología en función de la administración propuesta por el sistema para el control de descongestión.

Se evaluó cual era la manera más eficiente para dar acceso a los vehículos en la zona de control, detallando el funcionamiento del sistema, y la solución de esta ante posibles eventos de congestionamiento.

Este trabajo servirá para futuras implementaciones en diferentes panoramas, ya que se puede deducir que el sistema elegido es funcional y totalmente escalable, siendo éste un punto importante para poder extender la tecnología a una mayor cantidad de zonas del contexto planteado o de otros lugares donde se desee implementarla.

6. Bibliografía

- AGRAWAL, Govind P. "Fiber-optic Communication Systems" Editorial John Wiley & Sons Inc, 2002-561 páginas.
- DONATE, Antonio Hermosa. "Principio de electricidad y Electrónica". Editorial Marcombo, 2009-216 páginas.
- ESQUEDA, José Jaime. "Fundamentos de Procesamiento de Imágenes". Univ. Autónoma de Baja California, 2005-158 páginas.
- FLOYD, Thomas. "Fundamentos de sistemas digitales". Editorial Pearson, 9ª edición 2006- 1024 páginas.
- PEDRAZA, Luis Fernando. "Sistema de Semaforización Inteligente". EAE, 2012-84 páginas.
- <http://artigoo.com/>
- <http://apuntes-electronicos.blogspot.com.ar/>
- <http://catarina.udlap.mx/>
- [http:// www.circulaseguro.com/](http://www.circulaseguro.com/)
- <http://www.chinacheerwe.com/>
- <http://www.cac.com.ar/>
- <http://www.ciudaddemendoza.gov.ar/>
- <http://www.desico.com/>
- <http://www.eyssa.com.mx/>
- <http://www.elai.upm.es/>
- <http://es.aliexpress.com/>
- <http://www.ebay.com/>
- <http://www.elpais.com.uy/>
- <http://www.elnuevodiario.com.ni/>
- <http://energia3.mecon.gov.ar/>
- <http://www.energylab.es/>
- <http://www.fotonostra.com/>
- <http://www.femcordoba.com.ar/>
- <http://fidelsmc.blogspot.com.ar/>
- <http://www.geekfactory.mx/>
- <https://www.google.com.ar/maps/>
- <https://i.ytimg.com/>
- <https://jferrero2001.files.wordpress.com/>
- <http://www.jmi.com.mx/>
- <http://lcar.unet.edu.ve/>
- <http://laurel.datsi.fi.upm.es/>
- <http://lediagroup.com/>

- <https://www.motorolasolutions.com/>
- <http://www.madrid.org/>
- <https://msdn.microsoft.com/>
- <http://www.mdzol.com/>
- <https://www.pinterest.com/>
- <http://www.pergaminovirtual.com.ar/>
- <http://prod-mobilitat.s3.amazonaws.com/>
- <http://repo.uta.edu.ec/>
- <http://www.rfidcontrols.com/>
- <http://www.revistakairos.org/>
- <http://ricabib.cab.cnea.gov.ar/>
- <http://www.ramonmillan.com/>
- <https://sx-de-tx.wikispaces.com/>
- <http://www.sistemamid.com/>
- <http://www.sistemamid.com/>
- <http://www.scoot-utc.com/>
- <http://www.sensorstecnicas.net/>
- <http://www.silam.com/>
- <http://www.sctvial.com/>
- <http://sedici.unlp.edu.ar/>
- <http://www.sitioandino.com/>
- <http://www.sictranscore.com.ar/>
- <http://trelec.com.pe/>
- <http://www.tendencias21.net/>
- <http://www.tr3sland.com/>
- <http://www.worldtravelserver.com/>

7. Anexo

7.1. Migración de Semáforos convencionales a Semáforos Tipo LED

7.1.1. Cambio de lámparas convencionales por LED

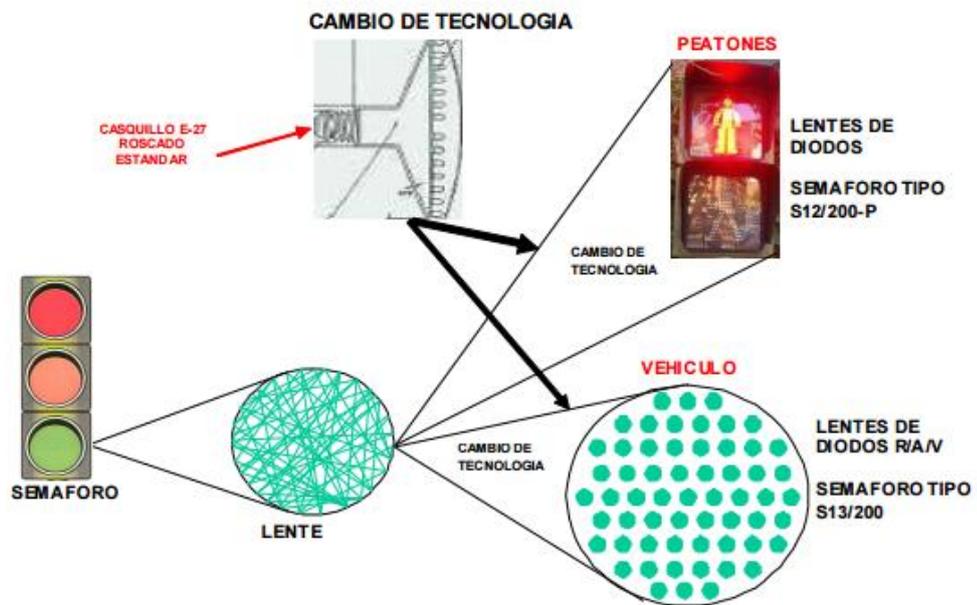


Figura N°98: Diferencia entre un Lente de Tipo LED a uno convencional.¹⁰¹

¹⁰¹ Fuente: <http://www.madrid.org> 31/01/2016

7.1.2. Características ópticas para semáforos LED

- Ausencia de efecto fantasma, ya que no requieren de espejos internos; dicho problema era generado por los semáforos con lámpara convencional.
- las ópticas de 300 mm consumen menos de 20 W y las de 200 mm menos de 10 W.
- Las ópticas LED funcionan con 220 V c.a.



Figura N°99: Características de un semáforo de tipo LED.¹⁰²

¹⁰² Fuente: <http://www.femcordoba.com.ar>

7.1.3. Reemplazo del Regulador convencional por regulador LED

Durante su operación en Modo de Control, el regulador medirá el consumo de cada salida y comparará los valores medidos con los valores patrones registrados. Si la discrepancia entre ambos valores es superior a un margen establecido desde el Centro de Control, se generarán alarmas por falta o exceso de consumo. Esto permitirá la detección de LEDs fuera de servicio.

- Regulador LED voltaje de salida: 42 Vac.
- Regulador convencional voltaje de salida: 5 volts/100mA.

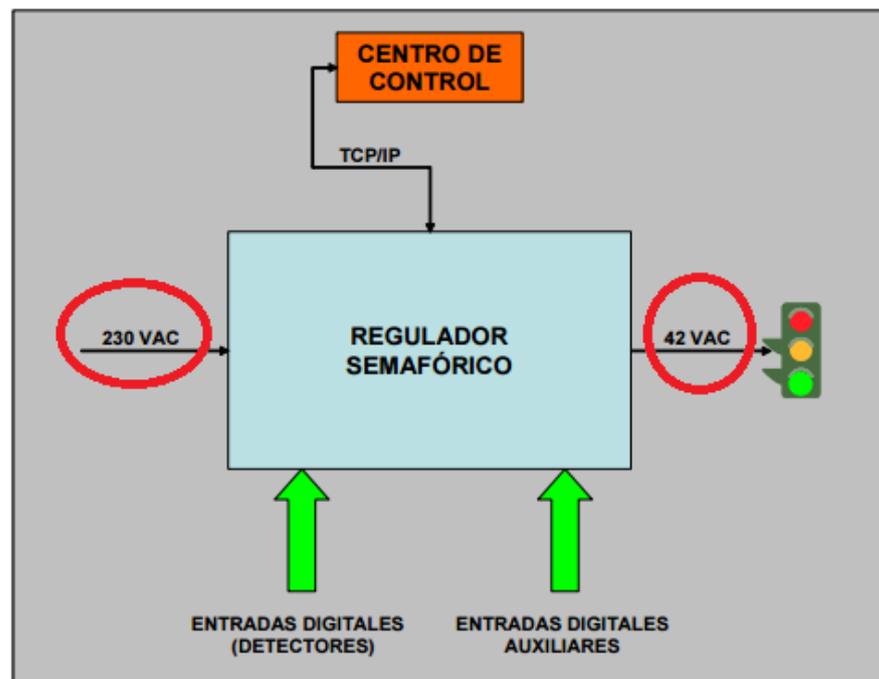


Figura 1: Regulador semafórico

Figura N°100: Regulador de semáforos LED.¹⁰³

¹⁰³ Fuente: <http://prod-mobilitat.s3.amazonaws.com>

7.2. Compuerta en SCOOT

Es una de las formas de establecer control sobre las colas de vehiculos en áreas relativamente sensibles. La idea clave es establecer un acceso planificado antes de un cruce vehicular que pueda producir una congestión para una cierta cantidad de vehículos. Las causas de las colas puede ser debido al espacio o a condiciones ambientales.

Debido a restricciones impuestas por SCOOT, para dar accesos a brazos de escape y evitar zonas de posible congestión. Un ejemplo común de aplicación de estas compuertas, son en zonas donde existen rotondas y en donde la distancia para entrar a la rotonda son mínimas, de manera que la espera de vehículos puede generar congestión. En SCOOT los enlaces que llegan a una zona relativamente con peligro de congestión se los define como " Enlaces de Activación", por lo tanto una vez que estos enlaces de activación obtienen un grado de saturación excedido en valor critico el tiempo en verde se reduce para cada una de estas entradas a la rotonda, de manera de establecer un orden de salida por una compuerta con un alto valor CGIF, para conducir las colas a zonas de descongestión.

Hay que tener en cuenta que solo es válido aplicar la compuerta en caso en que realmente sea necesario, para evitar el congestionamiento. Estadísticamente con el uso de estas compuertas se comprobó la reducción del retardo en un 22 %.

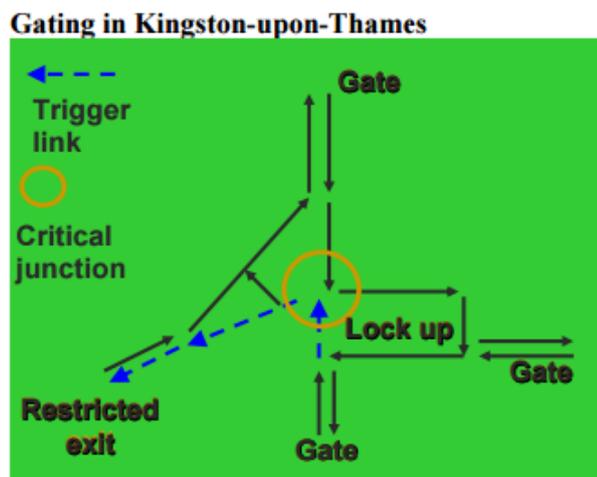


Figure 2: Kingston network

In Kingston, traffic leaving the town centre and gyratory system to the West is restricted by the capacity of the river bridge and roundabout on the far side of the bridge.

Figura N°101: Ejemplo de aplicativo compuerta.¹⁰⁴

¹⁰⁴ <http://www.scoot-utc.com>

7.3. INGRID

Es un sistema de detección automática de incidentes en tiempo real utilizando algoritmos.

Ingrid utiliza dos tipos de Algoritmos para encontrar el problema:

1°. Se lo define como algoritmo, sin embargo, se basa en examinar datos del tráfico actual identificando los cambios en los Datos "Flujo" y en la "Ocupación del vehículo".

2° El otro método utiliza los datos históricos de referencia proporcionados por la base de datos ASTRID. Para todos los detectores SCOOT en la red, se toma un perfil diario del flujo esperado y la ocupación de cada período en tiempos de 15 minutos que se almacenan y se actualizan en la base de datos automáticamente.

Por lo tanto detecta incidentes mediante la comparación de la situación actual del tráfico y los datos de referencia histórica en ASTRID.

Ambos métodos medidos bajo desviaciones estándar matemáticas, en la cual sus valores medios sirven para determinar un nivel de confianza en los datos actuales.

Un incidente en INGRID SCOOT, es tomado cuando los resultados de estos algoritmos toman la duración de periodos de un minuto. Y cuando las condiciones superan los tres minutos consecutivos se le da un mayor peso y pasan como notificación de incidentes.



Figura N° 102: Accidente Vial.¹⁰⁵

¹⁰⁵ <http://www.scoot-utc.com>