

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO**

**Diseño, desarrollo y construcción de un prototipo de un semáforo inteligente, haciendo uso de sensores inductivos y controladores lógicos programables**

**Edison Adrián Barrera Aguilar**

**Andrés Eduardo Larrea Machuca**

Tesis de Grado presentada como requisito para la obtención del título de  
Ingeniero Electrónico

Quito, Enero 2011

© Derechos de autor

Edison Adrián Barrera Aguilar  
Andrés Eduardo Larrea Machuca

2011

## **Resumen**

El presente trabajo se presenta debido a un problema que nos afecta a todos, el tráfico vehicular, y particularmente, se analiza la situación actual en la ciudad de Quito, capital del Ecuador.

Individualmente, tenemos la necesidad de transportarnos de un lugar a otro dentro de la ciudad, cotidianamente, y, como resulta lógico, muchos lo hacemos en horarios similares, debido a las actividades que realizamos y las funciones que cumplimos. El sistema de transporte actual no satisface a todos y muchos han optado por comprar vehículos para su uso personal.

Se han analizado e implementado una diversidad de alternativas para intentar solucionar o, al menos, aliviar este problema. La solución que se propone en este trabajo tiene que ver con semaforización, trata sobre el diseño de un prototipo de un semáforo inteligente que puede ser implementado en cualquier intersección existente. Para ello, se ha hecho uso de sensores inductivos, que detectan únicamente metales, y controladores lógicos programables, que controlan el correcto funcionamiento del semáforo de la intersección. Uno de los objetivos es comparar entre dos sistemas de control con dos controladores lógicos programables distintos: un microcontrolador PIC (Peripheral Interface Controller) y un PLC (Programmable Logic Controller).

## **Abstract**

This paper is presented due to a problem that affects us all, traffic, and in particular, we analyze the current situation in the city of Quito, the capital of Ecuador.

Daily, we all have the need to move from one place to another within the city, and it is usual, some have the same schedules to do it, in order to accomplish our duties and activities. The current transportation system does not cover the actual demand of transport, so lots of people have decided to buy a car for their personal use.

A variety of alternatives have been analyzed and implemented to try to solve this problem, or at least reduce it. The solution proposed in this paper has to do with traffic lights, is about the design of a prototype of an intelligent traffic light that can be implemented on any existing intersection.

To do this, we have made use of inductive sensors, which detect only metal, and programmable logic controllers that control the proper functioning of traffic lights at the intersection. One objective is to compare between two control systems with two different programmable logic controllers: a microcontroller PIC (Peripheral Interface Controller) and a PLC (Programmable Logic Controller).

## Tabla de Contenido

Capítulo 1: Introducción .....	1
Capítulo 2: Situación Actual en la ciudad de Quito.....	2
I. Demografía Urbana de Quito.....	2
1. Evolución de la mancha urbana (1760-1987) .....	2
2. Repartición de la población en Quito .....	4
II. Barreras físicas en la aglomeración de Quito .....	7
III. Red Vial y Equipamientos del Transporte .....	9
1. Red Vial Metropolitana.....	9
2. Infraestructuras Viales y Equipamientos del Transporte.....	11
3. Estructura del Transporte Colectivo y Volúmenes Vehiculares Diarios en los Ejes Viales Principales .....	13
IV. Mejoramiento del Flujo Vehicular .....	15
1. Contra flujos.....	15
2. Uso de las vías .....	16
3. Parqueaderos .....	16
4. Pasos a desnivel.....	17
5. Las paradas .....	17
6. Transporte público .....	18
7. Horarios .....	18
8. Pico y Placa .....	19
9. SemafORIZACIÓN .....	20
V. Semáforos actuales.....	21
1. Equipos.....	21
a. Semáforos Vehiculares 1/300 + 2/200.....	22
b. Semáforos Vehiculares 3/200.....	24
c. Ubicación de Semáforos en Báculo Troncocónico .....	26
d. Semáforos Peatonales .....	27
e. Pulsador de Peatones .....	29
2. Control .....	32
VI. Descripción del problema.....	38

Capítulo 3: Marco Teórico .....	38
I. PIC.....	38
II. PLC.....	40
III. Sensores .....	43
IV. Relés.....	47
1. Funcionamiento de un Relé .....	48
V. Programación Lógica de los Semáforos .....	49
VI. Intersección.....	52
VII. Transistores .....	55
1. Funcionamiento básico de los transistores .....	56
 Capítulo 4: Diseño y Construcción del Prototipo .....	 58
I. Diseño y Construcción de la Maqueta .....	58
II. Diseño y Construcción de los Circuitos .....	63
1. Común .....	63
2. PLC.....	67
3. PIC.....	69
III. Programación PLC.....	74
1. Conceptos básicos.....	74
a. Bobinas.....	75
b. Contactores .....	76
c. Temporizadores.....	78
d. Contadores .....	79
2. Programación de un Semáforo Inteligente.....	81
IV. Programación PIC.....	92
1. Conceptos básicos.....	92
2. Programación de un Semáforo Inteligente.....	97
 Capítulo 5: Comparación PIC - PLC.....	 107
I. Costos. ....	107
1. Común. ....	107
2. PLC.....	109
3. PIC.....	109
II. Ventajas y Desventajas. ....	111

Capítulo 6: Conclusión .....	112
Bibliografía .....	114
Anexos .....	i

## Lista de Figuras

Figura 2.1 .....	3
Figura 2.2 .....	5
Figura 2.3 .....	6
Figura 2.4 .....	8
Figura 2.5 .....	9
Figura 2.6 .....	11
Figura 2.7 .....	13
Figura 2.8 .....	17
Figura 2.9 .....	20
Figura 2.10 .....	21
Figura 2.11 .....	22
Figura 2.12 .....	23
Figura 2.13 .....	24
Figura 2.14 .....	25
Figura 2.15 .....	26
Figura 2.16 .....	27
Figura 2.17 .....	28
Figura 2.18 .....	29
Figura 2.19 .....	30
Figura 2.20 .....	31
Figura 2.21 .....	33
Figura 2.22 .....	34
Figura 2.23 .....	35
Figura 2.24 .....	35
Figura 2.25 .....	36
Figura 2.26 .....	36
Figura 3.1 .....	38
Figura 3.2 .....	39
Figura 3.3 .....	40
Figura 3.4 .....	46
Figura 3.5 .....	46
Figura 3.6 .....	48

Figura 3.7 .....	48
Figura 3.8 .....	49
Figura 3.9 .....	50
Figura 3.10 .....	51
Figura 3.11 .....	52
Figura 3.12 .....	53
Figura 3.13 .....	54
Figura 3.14 .....	55
Figura 3.15 .....	56
Figura 3.16 .....	56
Figura 3.17 .....	57
Figura 4.1 .....	58
Figura 4.2 .....	59
Figura 4.3 .....	60
Figura 4.4 .....	61
Figura 4.5 .....	64
Figura 4.6 .....	65
Figura 4.7 .....	66
Figura 4.8 .....	67
Figura 4.9 .....	68
Figura 4.10 .....	69
Figura 4.11 .....	70
Figura 4.12 .....	71
Figura 4.13 .....	72
Figura 4.14 .....	73
Figura 4.15 .....	74
Figura 4.16 .....	75
Figura 4.17 .....	76
Figura 4.18 .....	77
Figura 4.19 .....	77
Figura 4.20 .....	78
Figura 4.21 .....	79
Figura 4.22 .....	80
Figura 4.23 .....	80

Figura 4.24 .....	80
Figura 4.25 .....	81
Figura 4.26 .....	81
Figura 4.27 .....	83
Figura 4.28 .....	83
Figura 4.29 .....	84
Figura 4.30 .....	85
Figura 4.31 .....	87
Figura 4.32 .....	88
Figura 4.33 .....	91
Figura 4.34 .....	93
Figura 4.35 .....	93
Figura 4.36 .....	94
Figura 4.37 .....	94
Figura 4.38 .....	95
Figura 4.39 .....	96
Figura 4.40 .....	97
Figura 4.41 .....	105
Figura 4.42 .....	106
Tabla 5.1: Costos de elementos comunes .....	3
Tabla 5.2: Costos de elementos usados para el PLC .....	5
Tabla 5.3: Costos de elementos usados para el PIC .....	6

## Capítulo 1: Introducción

La ciudad de San Francisco de Quito es la capital del Ecuador, la ciudad donde vivimos. Actualmente, el tránsito vehicular se ha vuelto un problema bastante complicado que nos concierne a todos. El crecimiento demográfico y el ingreso de más vehículos parece ser la causa principal.

Se han tomado en cuenta varias alternativas para intentar solucionar los problemas de tráfico, sin embargo, ninguna de ellas ha sido contundente, puesto que no es solamente un problema administrativo, sino social, depende de nosotros.

En este proyecto final, requisito para graduarnos como ingenieros electrónicos con enfoque en control, hemos tomado muy en cuenta un problema que nos afecta a todos, para poder tratarlo de forma directa con todo el conocimiento técnico necesario. El propósito no es solucionar todos los problemas de tráfico que tenemos, puesto que sería intentar alcanzar una utopía, sino llegar a una alternativa viable que nos ayude en una buena medida a mejorar la situación actual.

La aproximación que hacemos a través de este proyecto es desde el control lógico, usamos sensores que nos indican variables externas, presencia de vehículos y controladores lógicos programables, PIC y PLC, los cuales toman decisiones de forma automática, en reacción al entorno y la situación inmediata. Pretendemos encontrar una solución práctica y económicamente viable a través de un prototipo que demuestra el funcionamiento del sistema diseñado.

## Capítulo 2: Situación Actual en la ciudad de Quito

### I. Demografía Urbana de Quito

Nuestra ciudad, San Francisco de Quito, posee gran hermosura, por sus antiguas joyas arquitectónicas, su estilo contemporáneo y colonial; además por el bello paisaje, lleno de volcanes nevados y montañas a su alrededor. De hecho, fue la primera ciudad declarada Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO. Pero también posee dos graves problemas que nos afectan como habitantes y molestan a los visitantes; problemas que están muy relacionados, el tránsito vehicular y la contaminación ambiental.[1]

En la actualidad, Quito se ubica en una meseta de terreno irregular que tiene una altitud entre 2850 m en los lugares llanos y 3100 m en los puntos más altos de la ciudad. La ciudad tiene una extensión de 52 km de largo y 5 km de ancho. Este es un factor muy importante a tomar en cuenta cuando pensamos en la distribución vial, el norte y el sur de Quito se encuentran bastante distantes y las vías de conexión son pocas. [2]

#### 1. Evolución de la mancha urbana (1760-1987)

Demográficamente, la ciudad ha crecido muy rápidamente, en la figura 2.1 podemos observar cómo ha evolucionado urbanamente la ciudad de Quito entre los años 1760 hasta 1987.

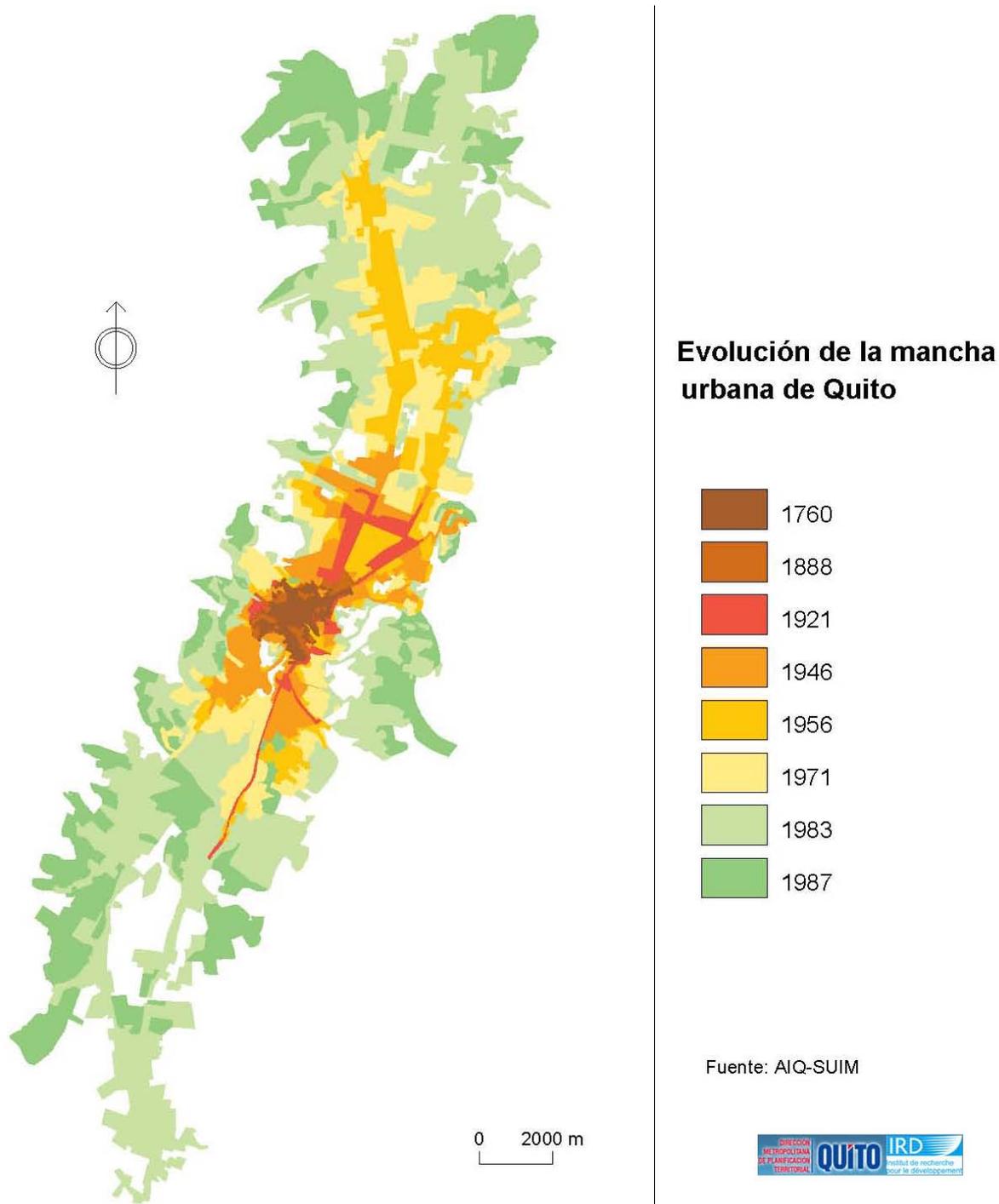


Figura 2.1 [3]

Entre algunas causas, por la tradición agrícola del país, tanto la superficie como la población de Quito crecen muy poco entre los años de 1760 y 1888. Del año 1888 al año 1946, se comienza a producir el crecimiento longitudinal de la ciudad, pero concentrado en el centro histórico. Se favorece la

industrialización y la conformación de barrios populares gracias a la construcción de la Terminal de ferrocarril al sur de lo que era la ciudad en ese entonces. Se produce una densificación un poco lenta, pero permanente, y las clases acomodadas empiezan a instalarse en el norte de la ciudad. Se produce un desplazamiento funcional del centro histórico hacia la Mariscal. El mayor crecimiento demográfico de la ciudad se da a partir de 1970, debido al crecimiento natural y también a los aportes migratorios. Los barrios populares se extienden en la periferia de la ciudad y se desarrolla el norte de la ciudad, en cierta medida por la especulación inmobiliaria y del suelo. [4]

## 2. Repartición de la población en Quito

La población está repartida de manera distinta en la mañana y en la noche, sobre todo en los días laborables, debido a diversas actividades que generalmente se realizan en lugares distintos a los lugares de residencia de las personas.

Podemos observar dos gráficas que nos muestran la repeticón de la población en Quito, tanto en la mañana, figura 2.2, y en la noche, figura 2.3.

**Mapa 1-5**  
**Repartición de la población de día**  
**en Quito**

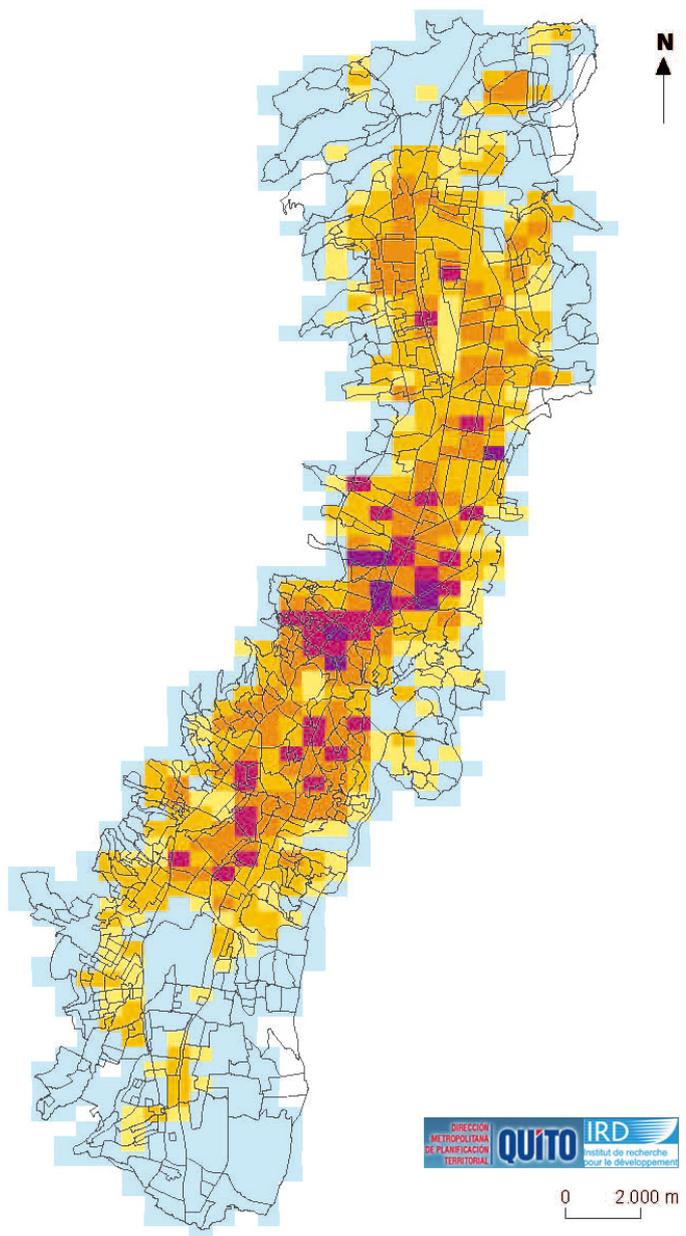


Figura 2.2 [5]

En la gráfica se evidencian los espacios esenciales de la ciudad, los cuales atraen y concentran a un gran número de personas, y donde vive una gran parte de la población de Quito, durante el día. [6]

Mapa 1-4  
Repartición de la población residente  
(o de noche) en Quito

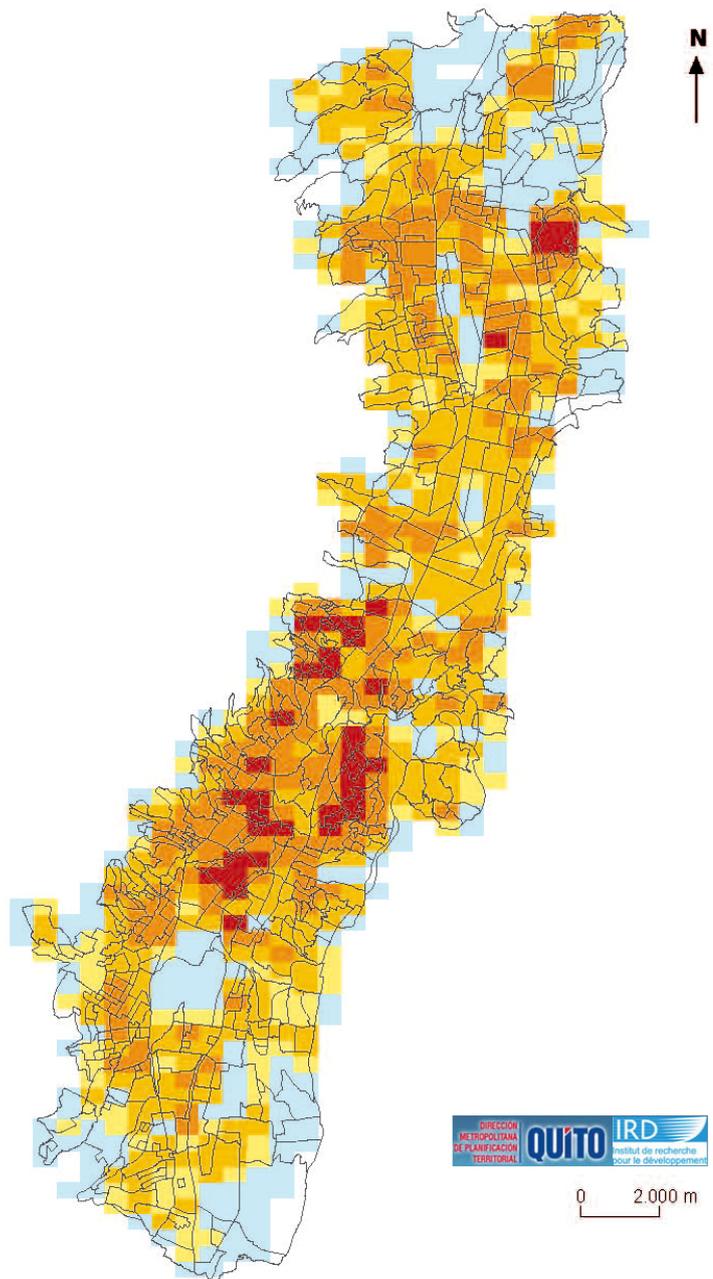


Figura 2.3 [7]

Este mapa indica la repartición de la población de noche, en su mayoría, en el lugar de residencia. Los barrios de Solanda, Turubamba Bajo, Santa Anita o Chimbacalle, al sur, y el Comité del Pueblo o La Luz, al norte, son los que concentran mayor número de habitantes. [8]

Haciendo una comparación de la población diurna y nocturna, se pueden apreciar distintas distribuciones. El espacio central de la ciudad de Quito tiene mucha mayor densidad de habitantes en el día que en la noche, con una marcada diferencia; barrios como La Mariscal y sus alrededores, otros barrios cerca del parque La Carolina, barrios universitarios, entre otros, donde la gente va únicamente por horas a trabajar o estudiar, pero donde no existen tantas viviendas como en otros barrios, donde la densidad en la noche es mucho menor. [6][8]

Esto evidencia claramente que existe un desplazamiento de personas durante toda la mañana y la tarde dentro de la ciudad, por lo que resulta absolutamente necesario el control de tráfico vehicular más eficiente.

## II. Barreras físicas en la aglomeración de Quito

Existen muchas pendientes superiores al 30% y una serie de obstáculos orográficos que obligan a que las vías tengan que rodearlos. En la figura 2.4, tenemos un mapa del año 2004 con las principales barreras físicas en la aglomeración de Quito.

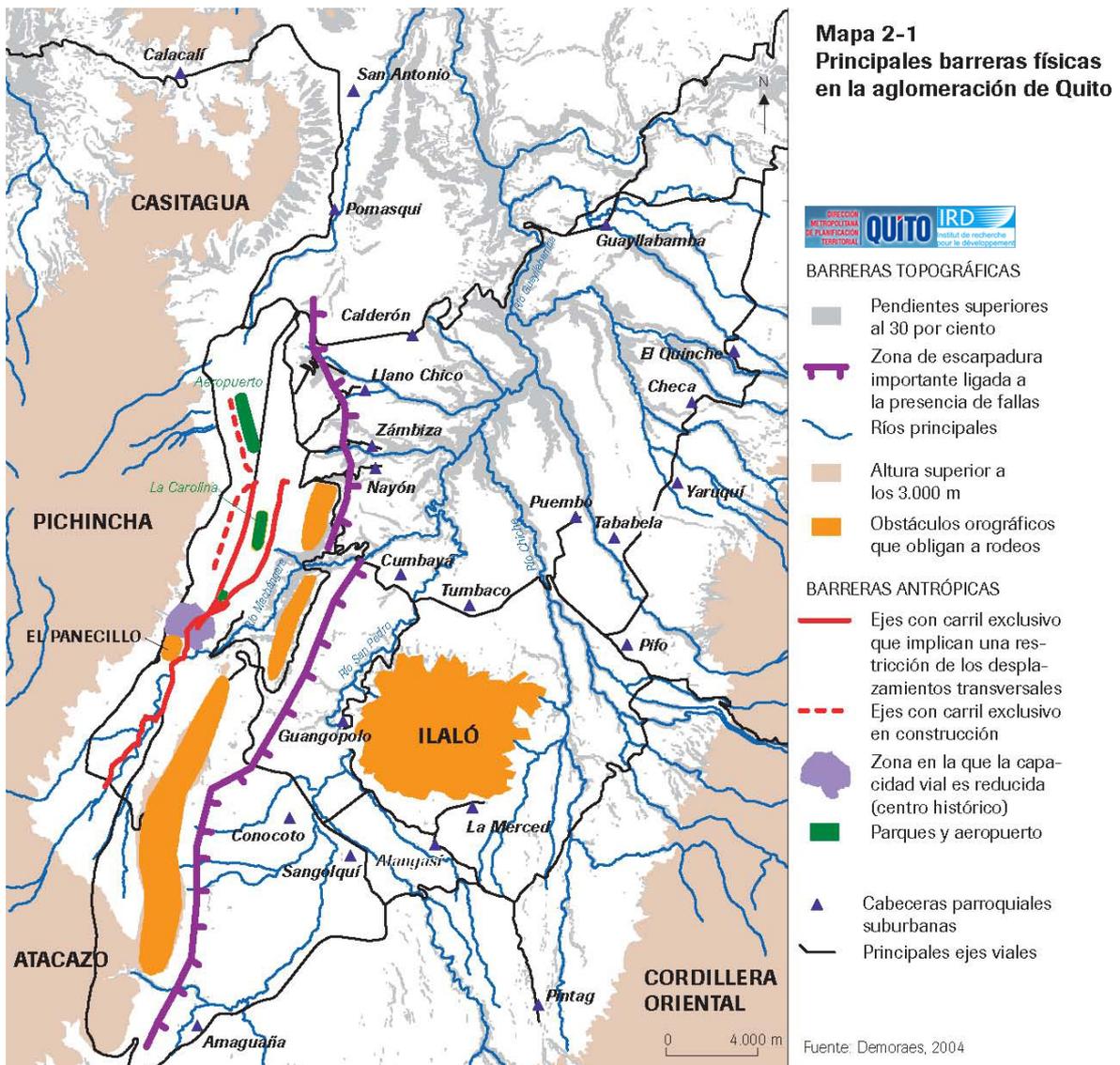


Fig. 2.4 [9]

Se pueden ver dos barreras naturales, el Panecillo y el cañón del río Machángara, que dificultan los intercambios entre el norte y el sur de la ciudad. También hay construcciones y equipamientos urbanos que constituyen barreras para el tránsito. El aeropuerto Mariscal Sucre fue construido en una zona rural de la ciudad, sin embargo, la misma ahora se extiende cubriéndolo completamente dentro de la urbe. El parque de La Carolina es una barrera de 1.6 km, siendo éste, uno de los más importantes rellenos de la ciudad. En los últimos años, se han construido carriles exclusivos en el centro de algunas avenidas, los cuales, siendo un intento de solución al problema, también

dificultan el tránsito vehicular, sobre todo en los cruces transversales de las vías donde se los ha construido. [10]

### III. Red Vial y Equipamientos del Transporte

#### 1. Red Vial Metropolitana

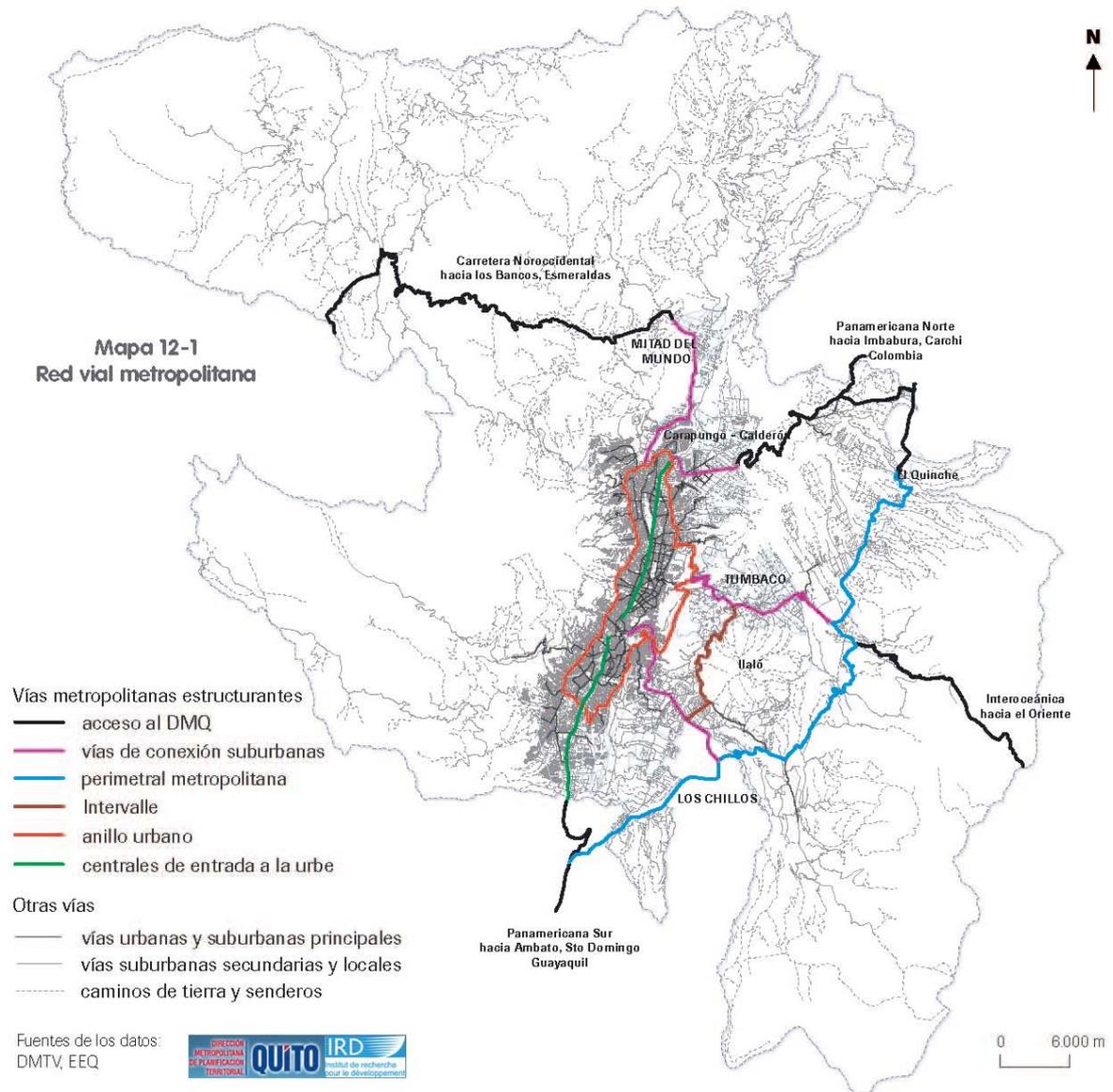


Figura 2.5 [11]

En la red vial metropolitana se diferencian ejes estructurantes, de acuerdo a su uso. Estos son:

- Los accesos al Distrito Metropolitano de Quito (DMQ). Los ejes de conexión con las otras provincias con la red vial nacional. La Panamericana Sur, la Panamericana Norte, la Interoceánica y la carretera noroccidental.
- Las vías de conexión con los sectores suburbanos. Arterias por donde transitan gran cantidad de vehículos, más de 8000 por día a la entrada de Quito.
- La perimetral metropolitana es la única que permite la circunvalación del DMQ. Donde transita el transporte a larga distancia, se establece el vínculo entre provincias del sur del país con provincias del norte y del oriente. También sirve como conexión entre el valle de Los Chillos y el valle de Tumbaco.
- La vía Intervalles. Conecta el valle de Los Chillos con el Valle de Tumbaco, rodeando el volcán Ilaló.
- El anillo urbano: permite circunvalar la ciudad por dentro del DMQ y desplazarse rápidamente de un extremo al otro. Se conecta con las vías suburbanas y con las vías centrales de entrada a la urbe.
- Las vías centrales de entrada a la urbe. Permiten acceder a los espacios donde se concentran las funciones urbanas. Están conectadas con el anillo urbano y en su tramo central se superponen al corredor del trolebús.
- El resto de la red metropolitana está compuesto de vías urbanas y suburbanas principales, vías suburbanas secundarias y locales y finalmente caminos de tierra. [12]

## 2. Infraestructuras Viales y Equipamientos del Transporte

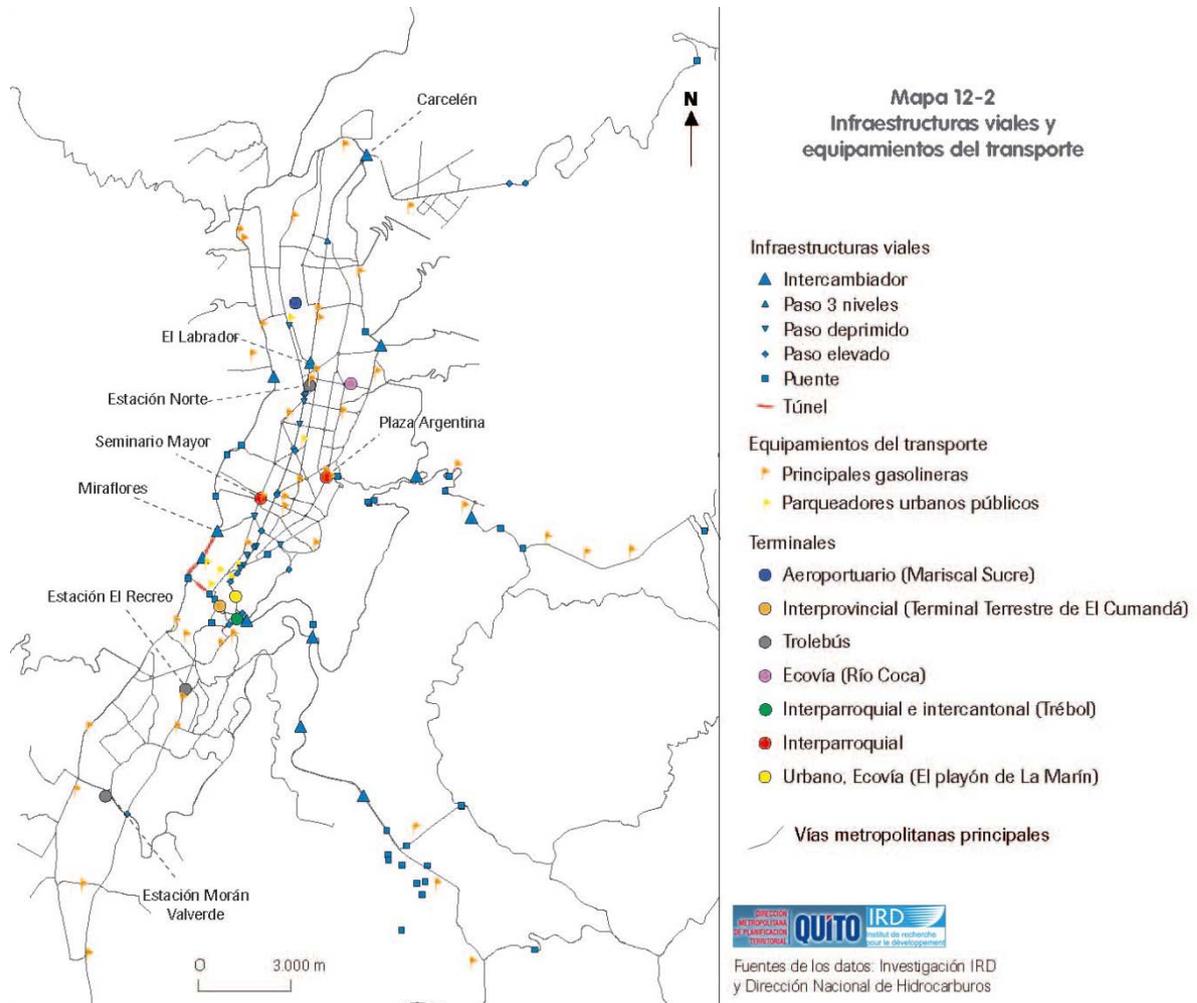


Figura 2.6 [13]

Existen infraestructuras mayores como los intercambiadores, pasos a desnivel, puentes y túneles que constituyen elementos estratégicos para la circulación urbana. Estos permiten disminuir localmente la congestión en intersecciones muy transitadas, distribuir los flujos hacia los barrios, acceder a ciertas zonas y facilitar las conexiones entre diferentes sectores urbanos.

El aeropuerto Mariscal Sucre, que es sumamente importante para el transporte de pasajeros a distancias lejanas en tiempos menores y para el transporte de

mercancías, como exportación de flores, gran parte del ingreso económico de nuestro país.

El terminal terrestre de El Cumandá era la infraestructura de transporte interprovincial más grande del DMQ. Es ahora el nuevo terminal terrestre de Quitumbe, muy al sur de la ciudad, y atiende a 20.000 personas diariamente. Es necesario, sin embargo, el terminal de Carcelén, al otro lado del DMQ, para abastecer las necesidades de los habitantes del norte de la ciudad; con una interconexión entre ambos terminales que, según el municipio, costaría 25 centavos de dólar.

Las gasolineras son elementos clave para el transporte de personas, individual o colectivo, y de carga. Están distribuidas de manera casi equitativa en la ciudad de Quito y en los valles se encuentran a lo largo de los principales ejes viales.

Los parqueaderos urbanos públicos también cumplen un papel fundamental. La disponibilidad de un estacionamiento público en un lugar de destino condiciona el uso del modo de transporte particular. [14]

### 3. Estructura del Transporte Colectivo y Volúmenes Vehiculares Diarios en los Ejes Viales Principales

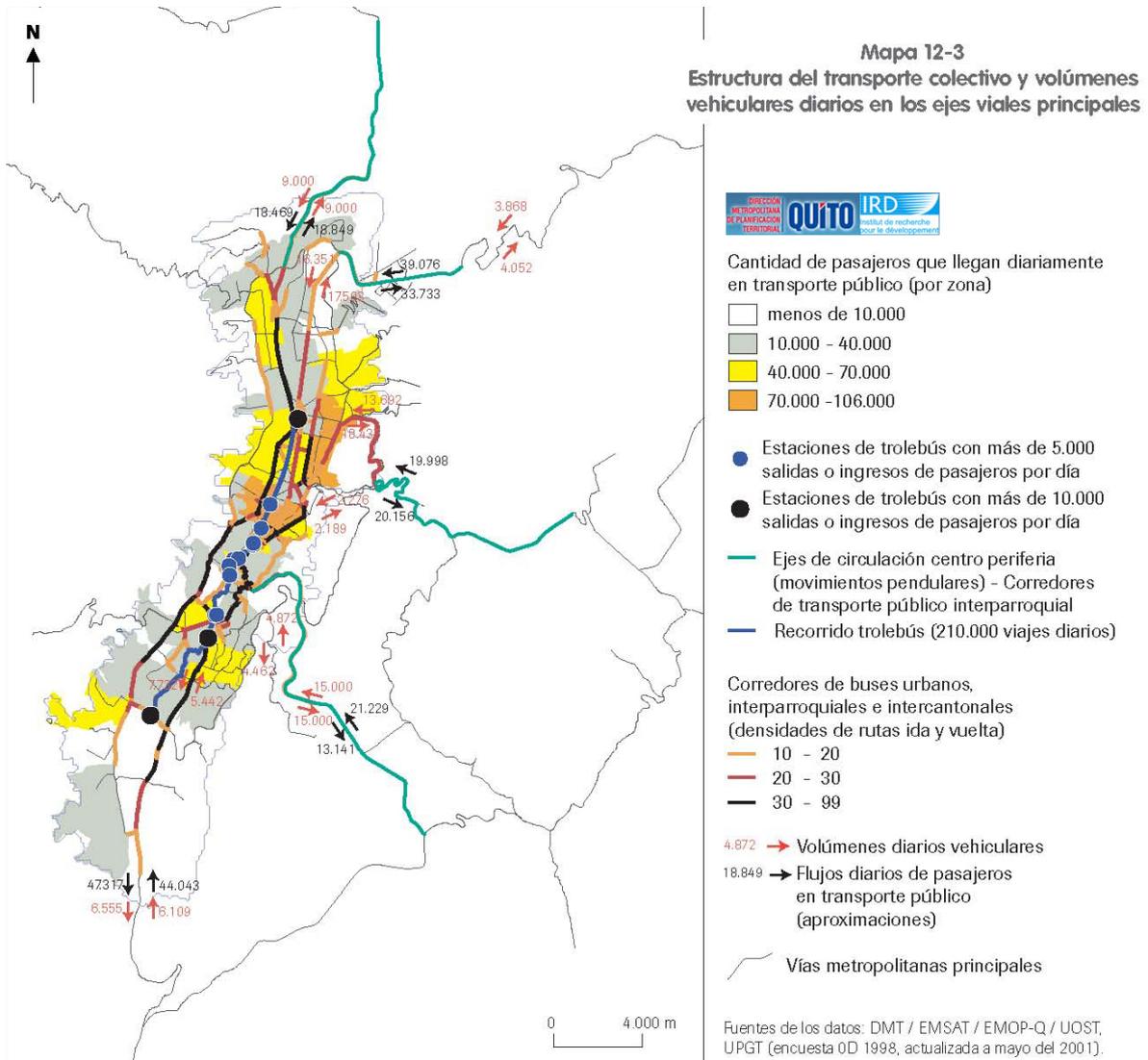


Figura 2.7 [15]

En el mapa podemos observar que la zona con mayor cantidad de pasajeros del Distrito es la zona central entre el Centro Histórico y el intercambiador El Labrador, al sur del aeropuerto, congruente con la figura 2.2, donde pudimos observar la repartición de la población de día en la ciudad. De hecho, el 45 % de los desplazamientos de este tipo de transporte se realizan hacia y dentro de esta zona. [16]

Los principales corredores de transporte colectivo se organizan esencialmente en ejes longitudinales norte-sur. [16] En algunos de estos corredores transita el Trolebús, la Ecovía y la Metrovía, los que conforman el Sistema Metropolitano de Transporte Público Integrado de Quito. La red de dicho sistema (Octubre, 2006) se puede apreciar en el Anexo I. Esta red recorre la ciudad longitudinalmente por toda la ciudad, es esencial en el transporte de personas, sin embargo, hay horarios en los que no abastece la demanda de transeúntes.

En los terminales de transferencia del sistema integrado del trolebús se concentra la mayor afluencia de usuarios de este servicio, las estaciones Norte, El Recreo, Morán Valverde y, recientemente, Quitumbe. El sistema integrado se complementa con el sistema de alimentadores, con buses que realizan múltiples conexiones hacia las zonas periféricas de la ciudad. [14] [17]

Los buses tipo, especial y popular conforman la red convencional de transporte urbano, la cual consta de 134 líneas convencionales, con 2624 buses. [18]

Para el transporte interparroquial hay 46 líneas, con 676 buses y forman la red metropolitana de transporte microregional. [19]

En complemento al transporte público, se dispone de 8.778 taxis uniformizados y registrados, cuya demanda es de 135.000 viajes diarios. [20]

Todos estos datos suman una cantidad considerable de vehículos que transitan por la ciudad de Quito. Además de las demás formas de transporte comercial, como transporte escolar, transporte de carga y transporte turístico, para nada despreciable, tomando en cuenta que el crecimiento turístico de la ciudad ha aumentado, del 8% antes del 2002 al 12% después del 2002. [2]

Pero el dato más relevante es que Quito concentra el 45% del parque automotor del país y, anualmente, 50 mil vehículos ingresan a la capital. Según Antonio Barrera, alcalde de la ciudad, “en el año 1990 existían alrededor de

500 millones de automotores en todo el mundo, esta cifra se ha incrementado a 900 millones, de los cuales 450 mil se encuentran en la ciudad de Quito”.[21]

## IV. Mejoramiento del Flujo Vehicular

La ciudad está reconstruyéndose cada día, sin embargo, las vías no han sido rediseñadas o readecuadas a las nuevas necesidades de los habitantes.

Anualmente, ingresan 50 mil vehículos nuevos al parque automotor capitalino, con lo que se genera el 12% más de congestión. El alcalde, Barrera, indicó que para dar solución a este problema se necesitarían construir 200 km de vía cada año y que, en la actualidad, Quito cuenta sólo con 3000. [22]

Según estudios de la Secretaría de Movilidad, en el año 2015, únicamente el 45% de las calles de la ciudad permitirán una circulación en horas pico a una velocidad mayor a los 50 km/h. y en el 38% de las calles de Quito sólo se podrá manejar a una velocidad de 10 km/h.

Los graves problemas en el flujo vehicular aumentan el tiempo de recorrido entre dos sitios. Esto no solo afecta a las actividades de los ciudadanos, pero también aumenta la contaminación producida en la quema de más combustible. Buscar una solución a estos problemas debe ser fundamental en la acción municipal. [1] El alcalde de Quito dijo, recientemente, que la ciudad posee 4 mil kilómetros cuadrados y ha tenido un crecimiento de manera caótica. Por ello, el Municipio está promoviendo un modelo para intentar disminuir el uso del vehículo privado. [21]

Algunas medidas importantes a considerar, unas de ellas ya tomadas, otras en proceso y otras en las cuales deberíamos poner más cuidado son las siguientes:

### 1. Contra flujos

Es la aplicación de la unidireccionalidad del tránsito vehicular en horas pico.

En Quito se aplican seis contra flujos: en los túneles de la av. Mariscal Sucre, en la av. Cinco de Junio, en el túnel Guayasamín, en la calle Venezuela, en el redondel del coliseo Rumiñahui y en la autopista Rumiñahui. Sin embargo, el experto en movilidad, Freddi Paredes dice que esta es una medida de mitigación, mas no ayuda a solucionar la congestión vehicular. [23]

## 2. Uso de las vías

Es muy importante controlar a los vehículos mal estacionados para disminuir la congestión, además de quienes no respetan el espacio peatonal, conductores y los mismos peatones. Cuando una persona no usa un puente peatonal, los conductores deben frenar constantemente, haciendo más lento el flujo. [23]

En Quito, esta iniciativa arrancó el año anterior. El Municipio de Quito informó que, desde el 17 de noviembre de 2008 hasta el 31 de agosto de 2010, han sido retirados un total de 42.007 vehículos. [24]

Es evidente que se aumenta la capacidad vial, pero es necesario que se extienda a toda la ciudad esta medida. [23]

La Zona Azul, una iniciativa del Municipio de Quito que implementa parqueaderos tarifados en las calles, en algunas zonas bastante comerciales de la ciudad, ha ayudado a descongestionar el tráfico existente en esos sectores y sigue ampliándose. [25]

## 3. Parqueaderos

Resulta necesaria la construcción de parqueaderos aledaños a estaciones de transporte, con el propósito de que algunos habitantes de los valles puedan utilizar con comodidad el sistema público y dejar sus vehículos fuera de la ciudad.[1]

#### 4. Pasos a desnivel

Aproximadamente hace 30 años se construyeron pasos deprimidos en la av. 10 de Agosto, la cual es todavía la única vía rápida que existe. Se deben construir pasos a desnivel en otras vías, como la av. 6 de Diciembre y la av. Amazonas, para facilitar el tránsito. En Quito, aún no han sido construidos pasos elevados para reducir la congestión vehicular, pero deberíamos tomarlo en cuenta, puesto que son elementos útiles de infraestructura vial. [1]

#### 5. Las paradas

Es importante que se implemente y se controle un sistema de paradas de buses. De hecho, el éxito de esta operación radica en que estas sean exclusivas alejadas algunos metros de las intersecciones (figura 2.8), para que no interrumpen el flujo vehicular, previo un estudio técnico de la demanda. [23]



Figura 2.8 [26]

En Quito existen 485 señales verticales que indican los sitios de parada del transporte urbano. Pero existe un irrespeto de las paradas, el cual se debe a que no hay un sistema completo de paradas señalizadas. [23]

## 6. Transporte público

Es fundamental llegar a establecer un sistema integrado de transporte público organizado, en el que los buses urbanos coordinen sus rutas con la Ecovía, el Trolebús, la Metrovía y otras líneas rápidas de transporte que puedan establecerse. Pero es importante que las rutas exclusivas sean eléctricas y que en las vías en las que circulan, los buses de transporte convencional no lo hagan. Antes de agregar nuevas vías rápidas, las cuales incluirán trenes eléctricos para llegar a áreas periféricas, como el nuevo aeropuerto, es muy importante integrar el sistema existente. [1]

## 7. Horarios

En lo posible, se debe tratar de establecer un horario diferenciado para el ingreso y salida de los estudiantes. Con el propósito de evitar que los horarios de movilización del sector laboral y de los estudiantes coincidan. Esto nos ayudaría a mejorar la movilidad, distribuyendo los flujos vehiculares en diferentes horarios, lo cual, en cierta manera se ha alcanzado con la medida de “Pico y Placa”.

Los transportistas serían beneficiados de manera especial, puesto que tendrían dos horarios de alta demanda y se podría racionalizar el uso del transporte privado. Además que el transporte circularía en horas de menos congestión. No obstante, algunos profesores que tienen más de un trabajo al día tendrían que reajustar sus horarios de manera muy distinta. [23]

## 8. Pico y Placa

Es una medida que prohíbe la circulación de ciertos automotores por unas horas en el día (horas Pico, en las que la congestión es mayor) de acuerdo al último número de su Placa, dentro de un perímetro determinado de la ciudad de Quito, el cual podemos ver en la figura 2.9.

La restricción aplica 6 horas al día. En la mañana, de 07h00 a 09h30 y en la tarde y noche, de 16h00 a 19h30. En el resto de horas, todos los vehículos pueden circular sin restricción. El día de restricción depende del último número de la placa, como podemos ver en la figura 2.9, dos números por día, de manera que cada vehículo tenga restricción de un día, solamente.

Los vehículos que participan de la medida son los particulares y oficiales: autos, camionetas, todoterrenos y motocicletas. Mientras que se permite la circulación de todo tipo de buses, taxis, vehículos de seguridad pública, vehículos de servicios de emergencia y vehículos de personas con discapacidades, con un salvoconducto.

La medida, aplicada desde el 3 de mayo en nuestra ciudad, no busca impedir el uso del auto, sino racionalizarlo.[27]

Según una encuesta realizada por la empresa Perfiles de Opinión, el 91,2% de los ciudadanos de Quito considera que la medida debe mantenerse y el 75% de los consultados opina que el tráfico ha disminuido desde la aplicación de la misma. [28]

## PICO Y PLACA



### Los días de prohibición según el último dígito de la placa



Figura 2.9 [29]

## 9. SemafORIZACIÓN

Una alternativa, que resulta ya necesaria desde hace algún tiempo, es la unificación del sistema de semáforos. El sistema de control no ha sido cambiado desde el año 1997, a pesar de todos los cambios que ha tenido la ciudad, con el crecimiento de la población de 3% anual y un crecimiento del

parque automotor de 7,3% anual. [23]En la siguiente sección explicamos cómo están estructurados los semáforos actualmente en la ciudad de Quito y nuestra propuesta para mejorar la circulación del flujo vehicular.

## V. Semáforos actuales

### 1. Equipos

En nuestra ciudad, actualmente se está haciendo un cambio de tecnología en los semáforos. Los semáforos anteriores, de lámparas incandescentes, son de limitada visibilidad y alto consumo de energía, pero están siendo reemplazados por los semáforos de LED, como los que podemos ver en la figura 2.10 y figura 2.11.

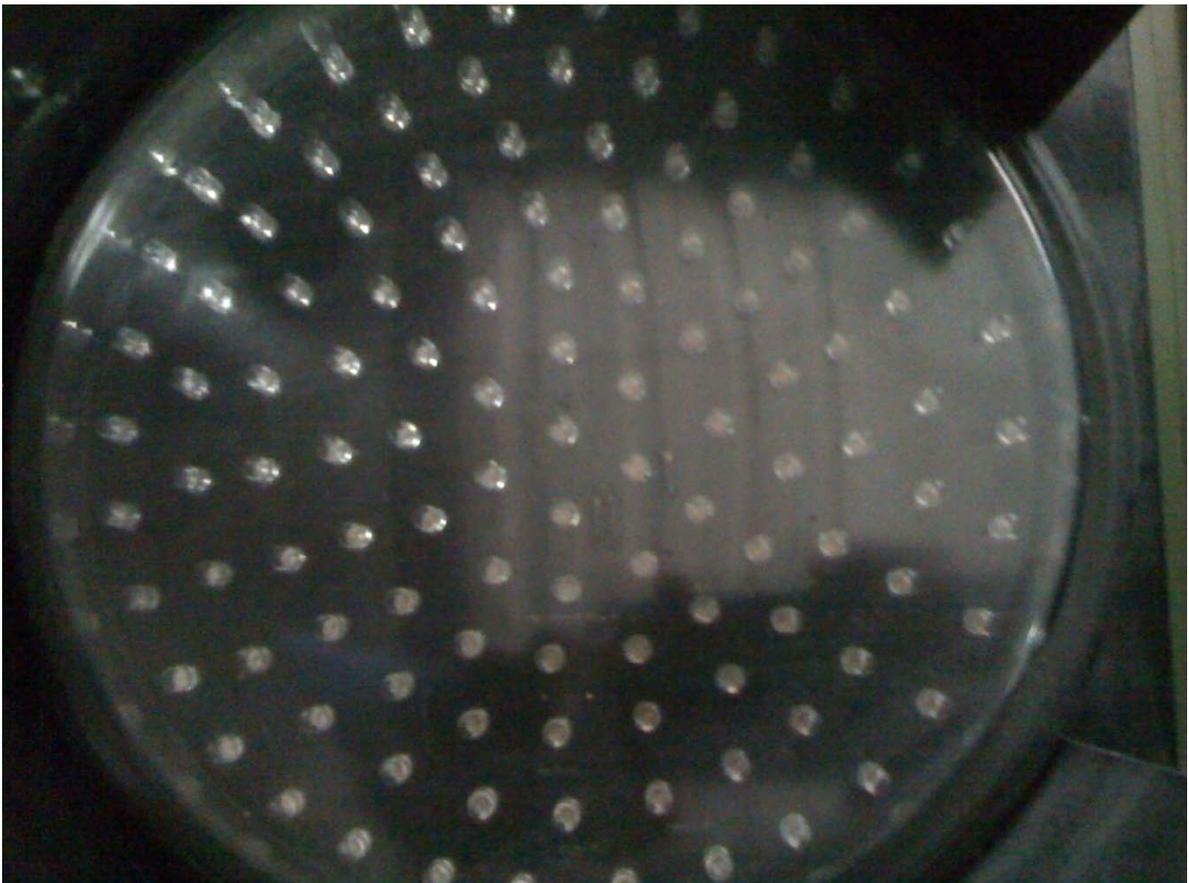


Figura 2.10



Figura 2.11

A continuación se describen elementos imprescindibles en el sistema semafórico de la ciudad de Quito, con datos, diagramas y fotos del EPMOOP (Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas).

a. Semáforos Vehiculares 1/300 + 2/200

Consta de 3 luces, pero la luz roja es más grande que las otras, las dimensiones las podemos apreciar en la figura 2.12. En el Anexo II está un diagrama de la pantalla de contraste para este semáforo. A pesar de que los semáforos actuales y los que se han estado instalando, siendo de última tecnología, tienen estas pantallas de contraste, hay nuevas normas internacionales que se harán cesar su uso, pero se ajustará la intensidad de la luz de los LED's de acuerdo a sensores de intensidad de luz ambiental que tendrán los semáforos incorporados.

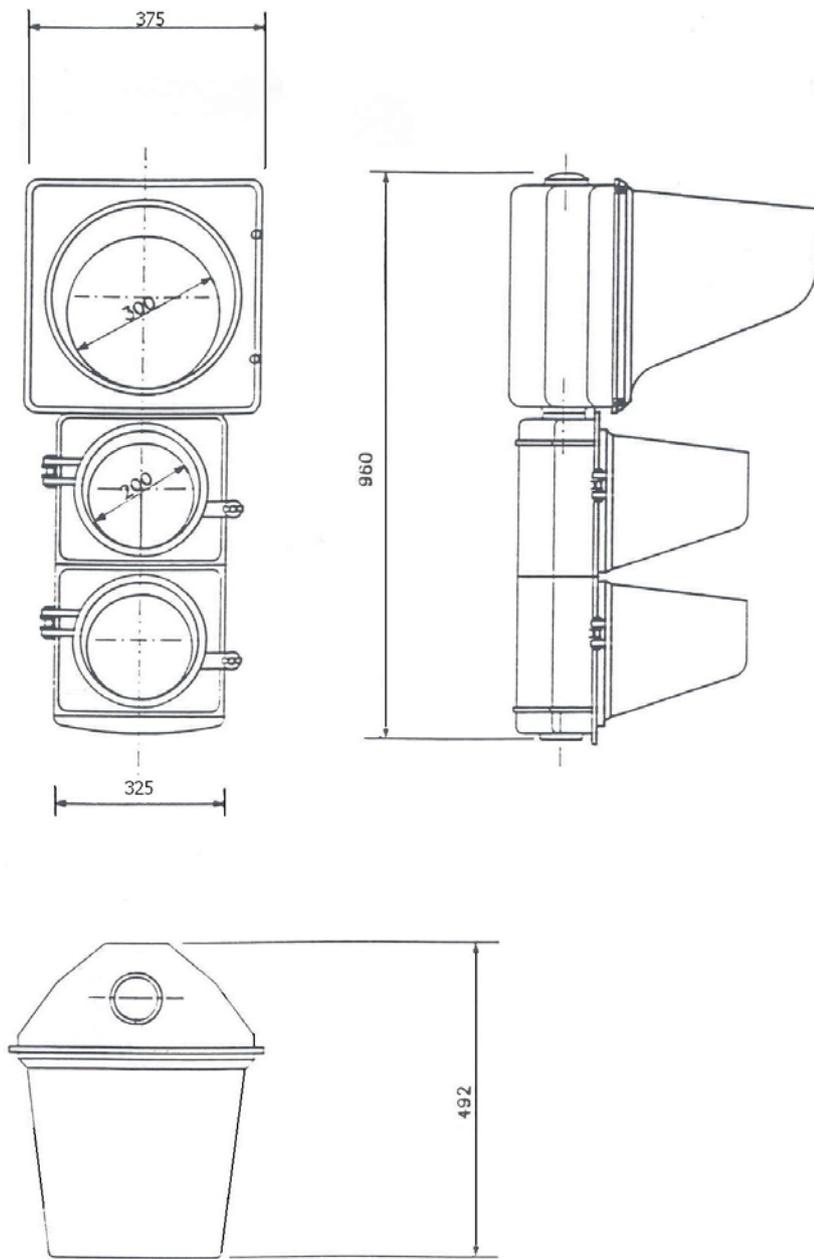


Figura 2.12

En la figura 2.13 podemos ver uno de los semáforos que se están instalando en la ciudad de Quito, por parte del EPMOOP.



Figura 2.13

b. Semáforos Vehiculares 3/200

Estos semáforos son los más comunes, tienen las tres luces del mismo diámetro (figura 2.14) y se los instala en columnas vehiculares de 3 y 2,4m de altura (Anexo VI), con soportes simples (Anexo VII) o dobles (Anexo VIII), dependiendo de la necesidad, y también, al igual que los semáforos anteriores, tienen una pantalla de contraste (Anexo III)

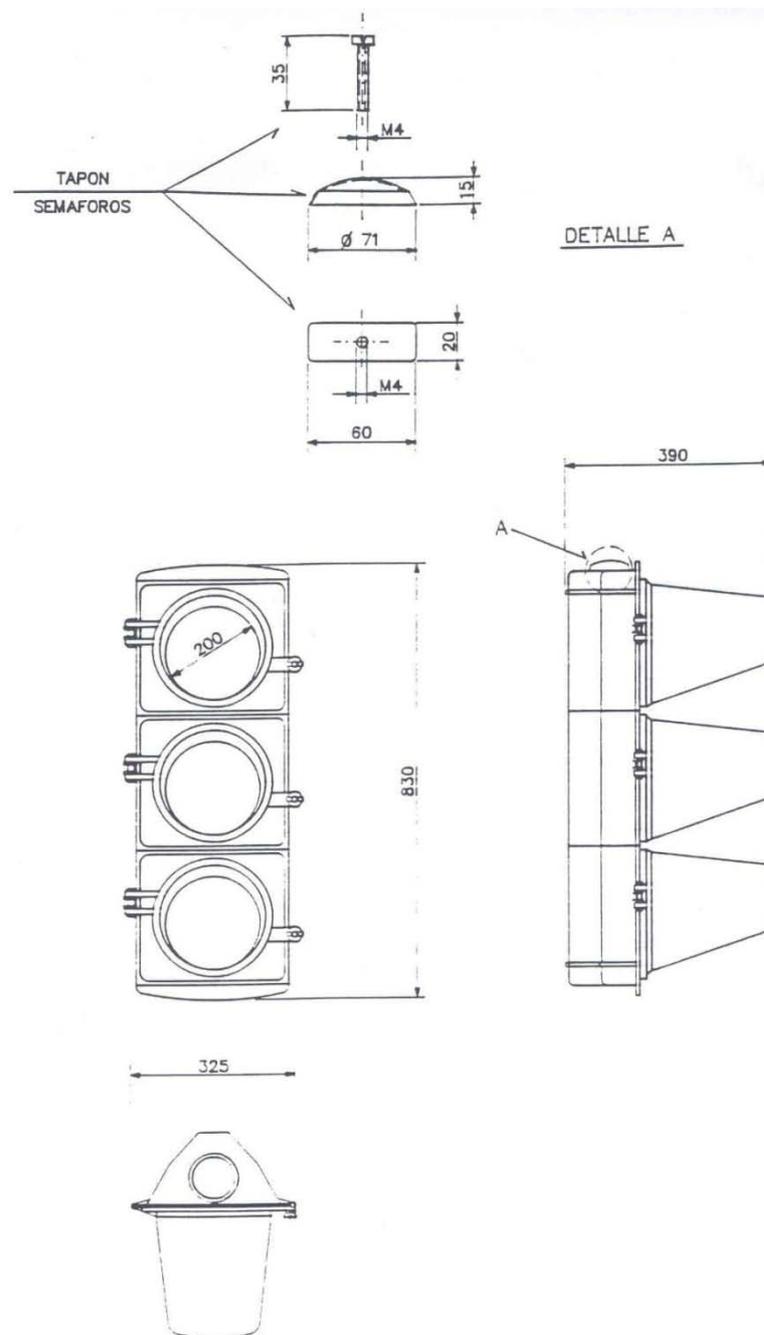


Figura 2.14

### c. Ubicación de Semáforos en Báculo Troncocónico

La colocación de los semáforos en los Báculos Troncocónicos (Anexo IV) es importante, pues permite que los semáforos, sobre todo los de 3/100 + 2/100, tengan una mejor visibilidad para los conductores de los vehículos que se aproximan a una intersección, con más razón si son vías donde se transita a gran velocidad. En la figura 2.15 miramos las dimensiones para instalar un semáforo 3/100 + 2/100 sobre un báculo troncocónico, con una bajante de báculo (Anexo V). El báculo, al igual que la columna vehicula (Anexo VI), van dentro de una canastilla, que va dentro del cemento de la acera.

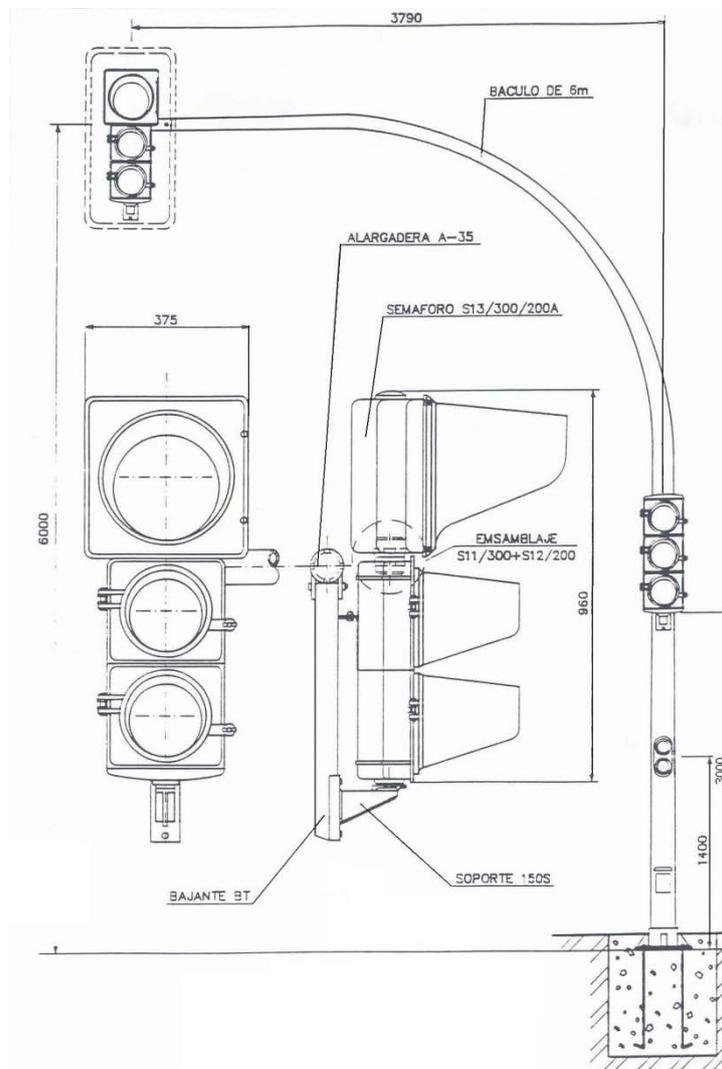


Figura 2.15

#### d. Semáforos Peatonales

Estos semáforos sirven para el tránsito peatonal en intersecciones, coordinados con los semáforos de tránsito vehicular. El diagrama con las dimensiones lo podemos apreciar en la figura 2.16.

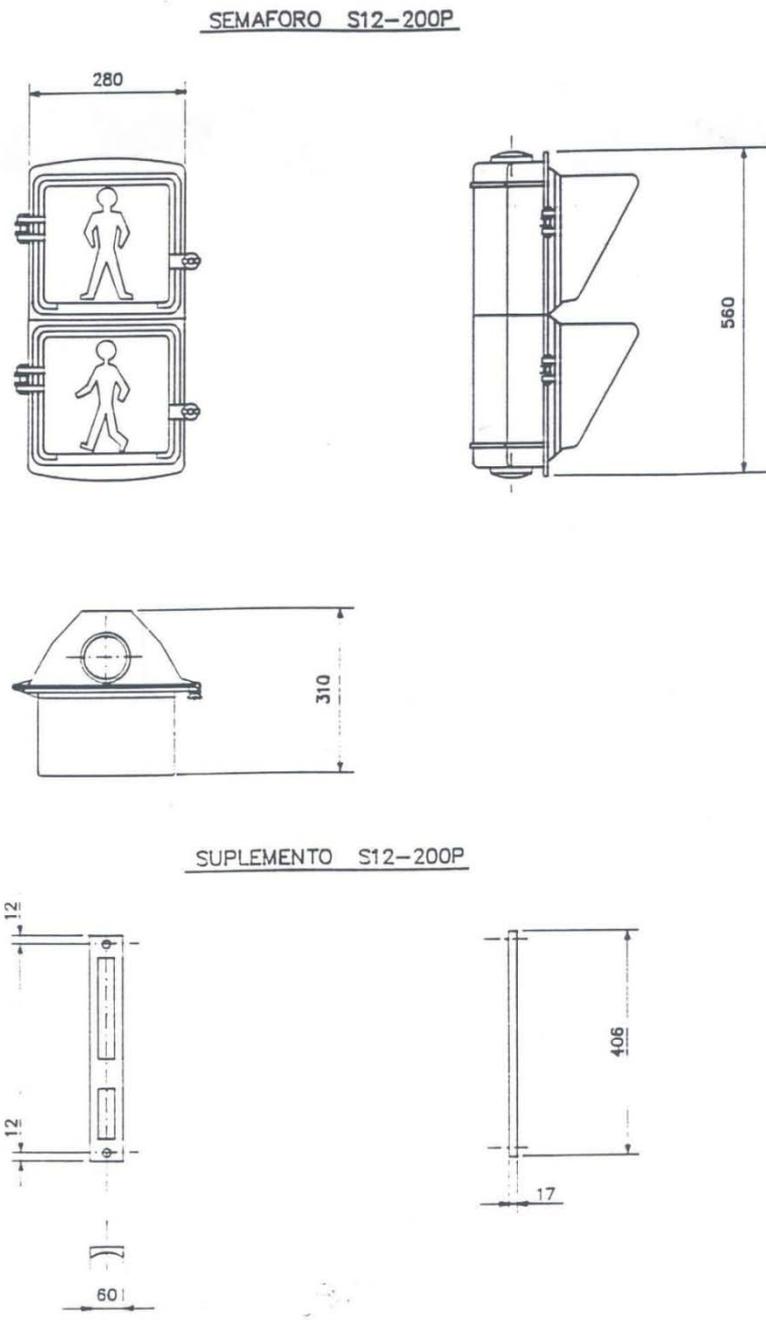


Figura 2.16

En la figura 2.17 podemos observar un semáforo peatonal, pero también de uso de bicicletas, en vías en las que existe un carril exclusivo para ellas. Este semáforo tiene un contador que indica el tiempo que falta para que el semáforo vuelva a cambiar a rojo.



Figura 2.17

Algunos de los semáforos peatonales constan de dispositivos (figura 2.18) que emiten un sonido para avisar a personas no videntes que se encuentra en verde y pueden cruzar.

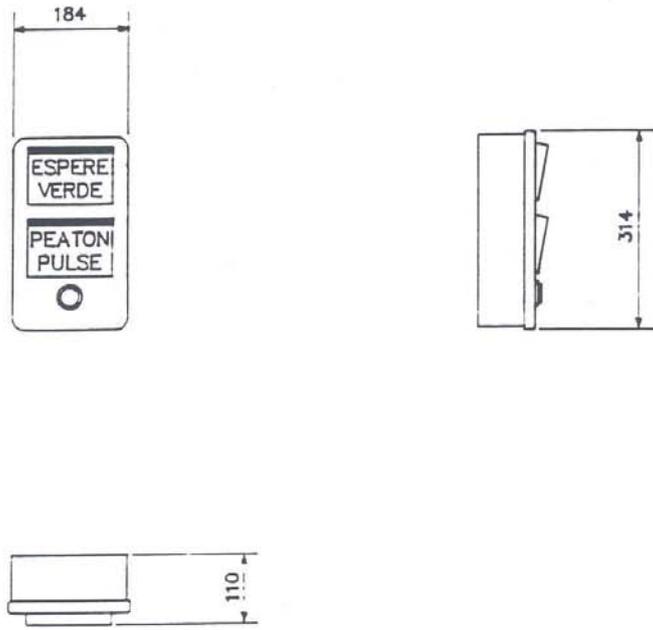


Figura 2.18

#### e. Pulsador de Peatones

Sirve para que el peatón lo presione cuando desea cruzar. Lo que hace este dispositivo es enviar una señal que interrumpe el ciclo de verde, y dependiendo del flujo de la vía (previamente establecido), cambie de color para que pueda cruzar el peatón. Son importantes en vías en las que no hay una intersección o el flujo de peatones no es constante. El diagrama se puede apreciar en la figura 2.19 y un gráfico de los que se instalan en la ciudad de Quito en la figura 2.20.

PULSADOR ZPP-0



SUPLEMENTO PULSADOR ZPP-0

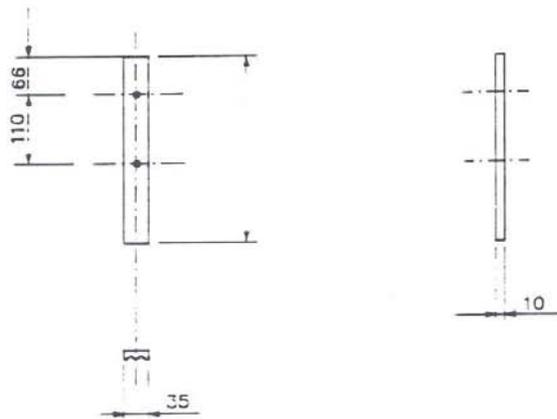


Figura 2.19



Figura 2.20

## 2. Control

En la ciudad de Quito existen 768 intersecciones. El alcalde explico que existen tres sistemas de semáforos diferentes: municipal, policial y parroquial.

El Municipio de Quito administra 412 intersecciones, pero solamente 280 están centralizadas en corredores urbanos y el resto, incluidos los del sistema policial y parroquial tienen un controlador individual. Las 280 poseen una tecnología más avanzada que las otras, es programable, pero no es adaptativa, es decir, “si hay una modificación en el transcurso del día en torno a la intensidad del tráfico, no existe una capacidad de respuesta”, dijo el alcalde Barrera, según Diario El Telégrafo.

El resto de semáforos no son compatibles con el sistema centralizado. En caso de algún daño, sólo se podría saber si alguien lo reporta. Asimismo, la sincronización de estos semáforos es individual y se debe volver a hacer cada cierto tiempo, dependiendo de la demanda actual. [30]

Entre los planes futuros se busca unificar todos los semáforos al mismo sistema. El sistema actual, Sistema Centralizado de Semaforización, como podemos apreciar en la figura 2.21, no ha sido modificado desde 1997, aunque la ciudad ha crecido demográficamente y sus necesidades de tránsito vehicular han cambiado considerablemente.



Figura 2.21

El servidor que controla el sistema es de marca SICE, figura 2.22, una compañía española (Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas, S.A.) que se encarga de integrar tecnologías en el campo de los Sistemas Inteligentes para el Transporte (ITS) y en el de Sistemas de Control Medioambiental (SCM). [31]



Figura 2.22

En las figuras 2.23 y 2.24 podemos apreciar el sistema centralizado de semaforización con sus símbolos. Podemos observar que se puede controlar fácilmente cuando un semáforo está funcionando correctamente o no, y, dentro de un mismo corredor, sincronizar mejor los tiempos de funcionamiento de acuerdo a la demanda, la cual se observa con las cámaras “ojos de águila”.



controlador construido en el Ecuador 2.25, físicamente más grande que los controladores Siemens que sirven para el resto de los semáforos, figura 2.26.



Figura 2.25



Figura 2.26

## VI. Descripción del problema

Quito está creciendo demográficamente al 3% y el crecimiento de vehículos es del 7,3%. La situación es bastante complicada, puesto que, geográficamente, donde vivimos no nos ayuda a mejorar el flujo vehicular, por lo que es necesario tomar medidas para solucionar este problema. Las vías no han sido rediseñadas desde hace algún tiempo, mientras que las necesidades han venido cambiando muy rápidamente.

Nuestra propuesta tiene que ver directamente con semaforización, creemos que es necesaria una actualización del sistema, sin embargo, hay semáforos que no logran entrar en dicho sistema y, de hecho, no es necesario que así sea. El semáforo inteligente que diseñamos ayudaría a mejorar el flujo vehicular de forma significativa, ya que responde a las necesidades inmediatas de los usuarios de vehículos. Es decir, el sistema responde de forma

instantánea a la situación presente, cambiando su reacción durante el día, dependiendo del cambio de flujo vehicular.

Haciendo una aclaración pertinente, el prototipo que tenemos no soluciona todos los problemas de flujo vehicular, pero, junto a otras medidas discutidas en un subcapítulo anterior, podríamos llegar a resultados satisfactorios.

## Capítulo 3: Marco Teórico

### I. PIC

Los microcontrolador PIC (figura 3.1) son computadoras digitales integradas en un chip que consta de un CPU, una memoria en la que se guarda el programa con la instrucción que deseamos que realice, una memoria para almacenar datos y puertos de Entrada/Salidas. Las funciones de los microcontroladores pueden ser varias ya que estas dependen del programa que se cargue a su memoria. Este programa puede ser escrito en diferentes tipos de lenguajes de programación siendo assembler, basic y C entre los más usados.

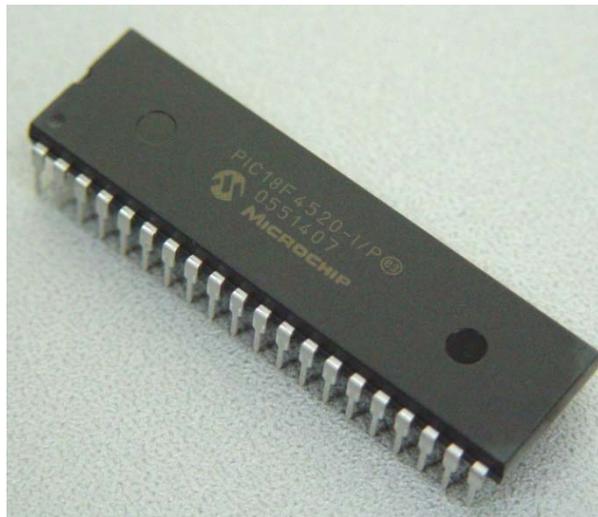


Figura 3.1 [47]

El microcontrolador que se utilizó para el diseño del semáforo inteligente fue el PIC16F877A debido su gran cantidad de entradas y salidas digitales y análogas.

#### 1. Microcontrolador PIC16F877A

Este micro controlador tiene una velocidad de operación de 20 MHz para el reloj de entrada, tiene hasta 8K x 14 palabras de memoria de programa flash, 368 x 8 bytes de memoria RAM y 256 x 8 bytes de memoria de datos

EEPROM. El PIC16F877A tiene 33 pines de Entrada/Salida repartidas de la siguiente manera: [46]

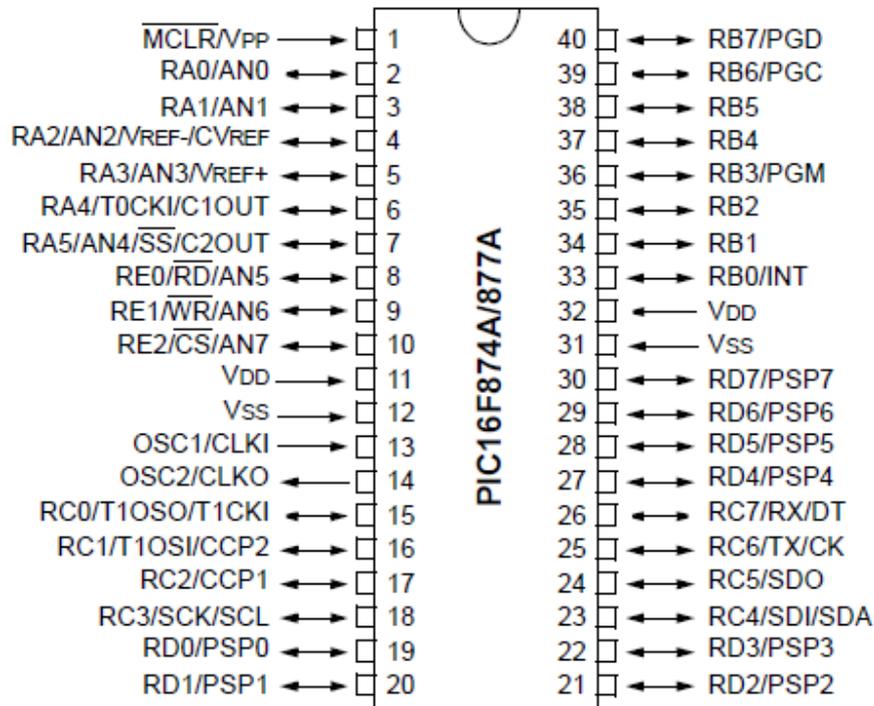


Figura 3.2

PORT A: este Puerto de entradas y salidas tiene un ancho de 6 bits. El registro de dirección de datos de este puerto es el TRISA, si este es 1 los pines del puerto A son entradas y si el TRISA es 0 funcionan como salidas. Los pines del puerto A pueden ser análogos o digitales.

PORT B: este es un puerto bidireccional al igual que el PORT A, con la diferencia que este tiene un ancho de 8 bits. El registro de dirección de datos de este puerto es el TRISB, si este es 1 los pines del puerto B funcionan como entradas y si el TRIS es 0 funcionan como salidas. Los pines del puerto B pueden ser análogos o digitales.

PORT C: este puerto tiene un ancho de 8 bits bidireccionales y su registro de dirección de datos es TRISC. Los pines del puerto C tienen buffers de entrada Schmitt Trigger.

PORT D: este es un puerto de 8 bits bidireccionales con buffers de entrada Schmitt Trigger. Cada pin puede ser configurado como entrada o salida individualmente con el TRISD. Este puerto también puede funcionar como un microprocesador de 8 bits.

PORT E: este puerto consta de tres pines que pueden ser configurados individualmente como entradas o salidas, también tienen buffers Schmitt Trigger para las entradas. Cuando el puerto D funciona como un microprocesador los pines del puerto E funcionan como control de las entradas y salidas del microprocesador.

## II. PLC

El término PLC viene de la siglas en ingles de Programmable Logic Controller (controlador lógico programable). El PLC es un equipo electrónico, como el que podemos ver en la figura 3.3, usado para el control en tiempo real de procesos secuenciales. Generalmente usado en procesos industriales.

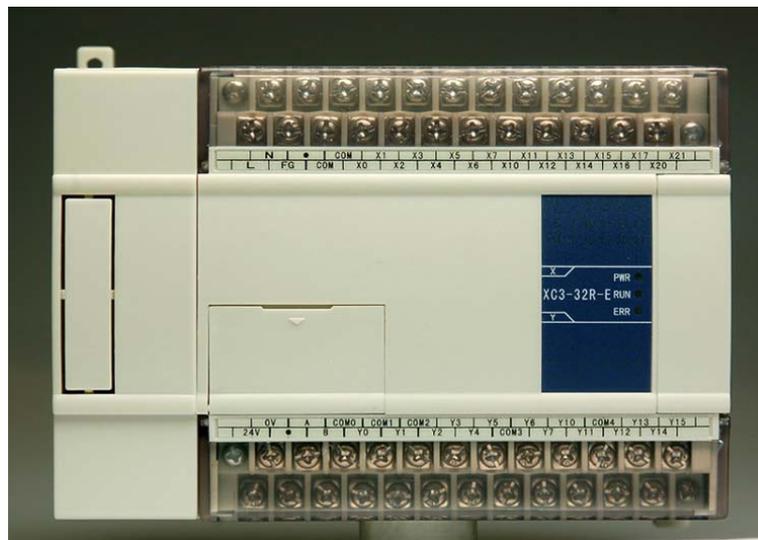


Figura 3.3

Un PLC recibe su información de captadores que dependiendo a la programación lógica introducida realiza una función determinada. Para poder programar un PLC es necesario saber cómo funciona el proceso para el que se lo va a utilizar.

Un PLC es usado principalmente en instalaciones en las que es necesario un proceso de control, maniobra, etc., por esta razón sus aplicaciones son diversas y abarca desde procesos de fabricación industriales hasta transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Las funciones básicas de un PLC son:

- Leer la señal de los sensores distribuidos por el sistema.
- Elaborar y enviar las acciones al sistema mediante los accionadores y preaccionadores.
- Mantener un diálogo con los operarios de producción, informando del estado del proceso.
- Para introducir, elaborar y cambiar el programa de aplicación del autómeta. El dialogo de programación debe permitir modificar el programa incluso con el autómeta controlando la máquina.
- Permiten establecer comunicación con otras partes de control. Las redes industriales permiten la comunicación y el intercambio de datos entre autómetas a tiempo real.
- También los autómetas permiten comunicarse con ordenadores provistos de programas de supervisión industrial. Esta comunicación se realiza por una red industrial o por medio de una simple conexión por el puerto serie del ordenador.

Entre las ventajas que tiene el uso del Controlador lógico programable tenemos que:

- Ocupa un espacio reducido.
- El cableado es menor.
- Menor costo de mano de obra en instalación.
- Si se quiere cambiar algo en el proceso solo hay que cambiar la programación y no todo el sistema.
- Puede manejar varias máquinas al mismo tiempo.
- No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas.
- Menor tiempo de instalación.
- Se puede conectar a una computadora para su control en tiempo real.

El Controlador lógico programable también tiene algunas desventajas como:

- Costo inicial mayor.
- Capacitación de operarios para programar los PLC's.
- En algunos casos en procesos q se usa más de un PLC es necesario comprar todos de una misma marca para poder interfazarlos.

El Controlador Lógico utilizado para este proyecto fue SIEMENS Simatic S7-200 CPU 224. Este PLC consta de X entradas digitales, ninguna entrada análoga y X salidas. Para poder conectarlo a la computadora para su programación es necesario un cable PPI. Este PLC tiene su propia fuente para activar las entradas, por lo que si se quiere conectar un sensor externos este debe controlar un interruptor que permita o no el voltaje de activación de las entradas.

Los PLC Siemens de la serie S7-200 tienen su propio programa de programación que es el STEP 7MicroWIN. Este es un programa de programación lógica en escalera. En este tipo de programación uno puede ver

gráficamente lo que está programando mediante contactores y bobinas principalmente.

### III. Sensores

Los sensores son dispositivos diseñados para recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que seamos capaces de cuantificar y manipular.

Casi siempre estos dispositivos se encuentran manufacturados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc), todo componente que varía su magnitud en función de alguna variable), y la utilización de componentes activos.

Existen gran variedad de sensores como:

- Sensores de posición.- Su función es detectar y medir la posición de un objeto en el espacio, dentro de este grupo de sensores, se encuentran los siguientes.
  - Los sensores fotoeléctricos.- Este tipo de sensores, consta de dos partes muy importantes, se usa una fuente de una señal de luz (lámparas, diodos LED, diodos láser etc.) y una célula receptora que recepta esta señal de luz, los receptores pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR etc. Estos sensores, se basan en la emisión de una señal luminosa, y en la detección de esta mediante fotodetectores. Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, podemos dividir este tipo de sensores fotoeléctricos en: sensores por barrera, o por reflexión.
  - Los sensores fotosensibles por barrera detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa; y los sensores por reflexión utilizan la reflexión de la señal luminosa sobre el objeto, esta luz reflejada es captada por el receptor

fotoeléctrico, y estos sensores nos pueden indicar si hay o no un objeto y a que distancia se encuentra mediante el tiempo que se demora en reflejar la luz sobre el objeto..

- Sensores de contacto.- Estos dispositivos, son los más simples que podemos encontrar, debido a que se usan interruptores que al entrar en contacto con un objeto se activan o desactivan, y de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar. Debido a lo simple de su construcción y a su robustez, estos sensores son muy utilizados en robótica.
- Sensores de circuitos oscilantes.- Este tipo de sensores, se basan en la existencia de un circuito que genera una determinada oscilación a una frecuencia anteriormente dada, esta oscilación persiste mientras no exista ningún objeto dentro del campo de detección del objeto, pero cuando un objeto se encuentra dentro del campo de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, lo que indica la detección del objeto. Estos tipos de sensores son muy usados como detectores de presencia, ya que al no tener partes mecánicas, su robustez al mismo tiempo que su vida útil es elevada.
- Sensores por ultrasonidos.- Este tipo de sensores son muy parecidos a los sensores fotoeléctricos debido a que utilizan el mismo tipo de funcionamiento, es decir, poseen un emisor y un receptor de una señal solo que en esta ocasión va a ser una señal de tipo ultrasónica. De la misma forma dependiendo de su construcción los sensores ultrasónicos pueden ser de tipo barrera o de tipo reflectado.
- Sensores de esfuerzos.- Este tipo de sensores, se basan principalmente en la utilización de galgas extensiométricas. Las galgas extensiométricas son dispositivos hechos de materiales que cuando se les aplica una fuerza, ya puede ser una tracción o una compresión, varían su

resistencia eléctrica, mediante esta variación que es muy pequeña se puede medir la fuerza que esta siendo aplicada a un determinado objeto.

- **Sensores de Movimientos.**- Este tipo de sensores es uno de los más importantes en la robótica, debido a que estos nos brindan información sobre las diferentes posiciones de las partes que forman el robot, y de esta manera podemos controlar con un elevado grado de precisión la posición del robot en su entorno.
- **Sensores de Velocidad.**- Estos sensores pueden detectar la velocidad lineal o angular de un objeto, pero son mayormente utilizados para la medición de la velocidad angular de los motores que mueven las distintas partes del robot ya que con esto también se puede controlar la posición. El tipo de sensor de velocidad más utilizado para conocer la velocidad angular de un motor es utilizar para ello una dinamo tacométrica acoplada al eje del que queremos saber su velocidad angular, este dispositivo nos da un nivel determinado de tensión continua en función de la velocidad a la que gira su eje, pues si conocemos a que valor de tensión corresponde una determinada velocidad, podremos saber de forma muy confiable a qué velocidad gira un motor. Por otro parte, este tipo de sensores al ser mecánicos se deterioran, lo que puede generar errores en las medidas.
- **Sensores de Aceleración.**- Este tipo de sensores es muy importante en la robótica, debido a que la información de la aceleración sufrida por un objeto o parte de un robot es de mucha importancia, ya que al producirse una aceleración sobre un objeto esta produce a su vez una fuerza que tiende a hacer poner el objeto en movimiento. [48]

Para este proyecto se utilizó sensores inductivos debido a que estos solo detectan metales y el chasis de los carros es puro metal.

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirven para detectar materiales metálicos ferrosos. Son de gran utilización en la industria,

tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia de objetos metálicos en un determinado contexto (control de presencia o de ausencia, detección de paso, de atasco, de posicionamiento, de codificación y de conteo).

Una corriente ( $i$ ) que circula a través de un hilo conductor, genera un campo magnético que está asociado a ella como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4

Los sensores de proximidad inductivos contienen un devanado interno. Cuando una corriente circula por el mismo, un campo magnético es generado, que tiene la dirección de las flechas naranjas. Cuando un metal es acercado al campo magnético generado por el sensor de proximidad, éste es detectado.

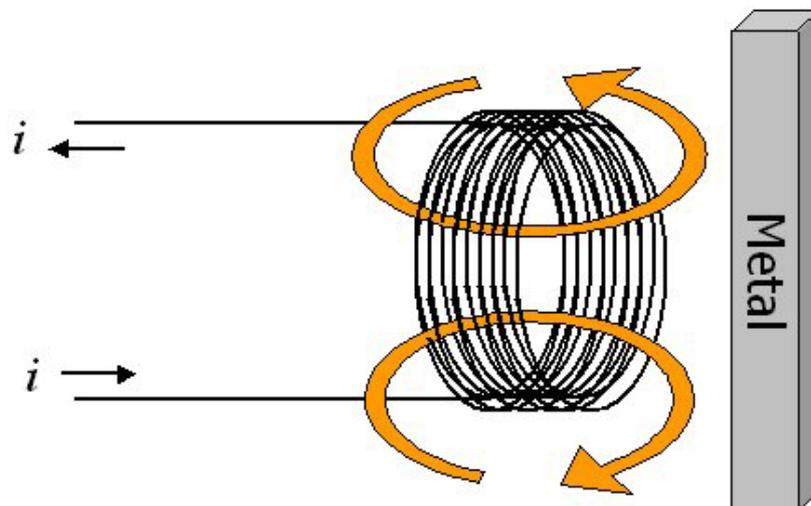


Figura 3.5

La bobina del sensor inductivo induce corrientes de Foucault en el material a detectar. Éstas, a su vez, generan un campo magnético que se opone al de la bobina del sensor, causando una reducción en la inductancia de la misma. Esta

reducción en la inductancia de la bobina interna del sensor, trae aparejado una disminución en la impedancia de ésta.

La inductancia, es un valor intrínseco de las bobinas, que depende del diámetro de las espiras y el número de ellas. En sistemas de corriente alterna, la reactancia inductiva se opone al cambio del sentido de la corriente y se calcula de la siguiente manera:

$$XL = 2\pi fL$$

Donde:

XL = Reactancia Inductiva medida en Ohms

$\pi$  = Constante Pi.

f= Frecuencia del sistema medida en Hertz (Hz)

L = Inductancia medida en Henrios (H)

El oscilador podrá generar nuevamente el campo magnético con su amplitud normal. Es en este momento en que el circuito detector nuevamente detecta este cambio de impedancia y envía una señal al amplificador de salida para que sea éste quién, nuevamente, restituya el estado de la salida del sensor.

Si el sensor tiene una configuración "Normal Abierta", éste activará la salida cuando el metal a detectar ingrese a la zona de detección. Lo opuesto ocurre cuando el sensor tiene una configuración "Normal Cerrada" Estos cambios de estado son evaluados por unidades externas tales como: PLC, Relés, PC, etc.

## IV. Relés

Los relés son dispositivos de conmutación, interruptores, activados por señales. Se utiliza, la mayoría de las veces, una tensión o una corriente pequeña para activar / desactivar otras tensiones o corrientes mayores. Los relés pueden ser de tipo electromecánico o totalmente electrónico.[32]

El relé consta de dos circuitos distintos: uno electromagnético (electroimán) y uno de contactos, al cual aplicamos el circuito que queremos controlar.[33] De esta manera, nos permite aislar mecánicamente la sección de potencia de la de control.[34]

Tenemos la simbología de un relé en la figura 3.6, pero más ampliamente la simbología de lo relacionado con relés, incluidos los tipos, en el ANEXO X.

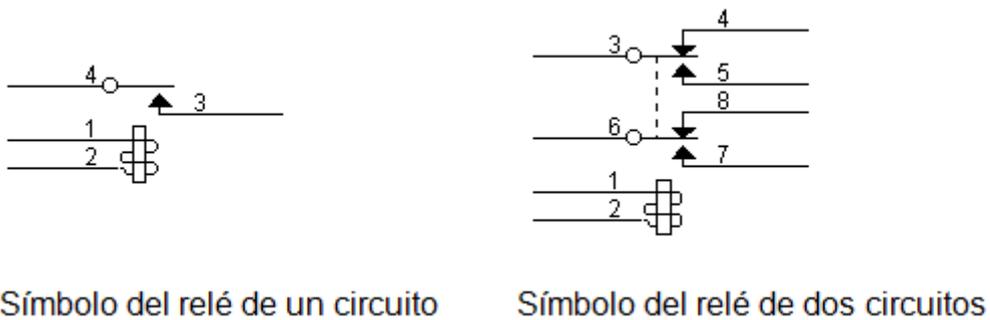


Figura 3.6 [33]

### 1. Funcionamiento de un Relé

Podemos observar en la figura 3.7 un esquema eléctrico de un relé.

Cuando el electroimán es activado, jala el brazo o armadura y conecta los puntos C y D. Si el electroimán es desactivado, conecta los puntos D y E.

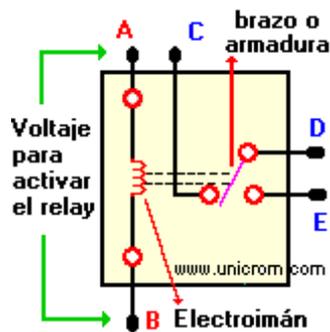


Figura 3.7 [35]

Es importante saber cuál es la resistencia del bobinado del electroimán que activa el relé y con cuanto voltaje este se activa, para poder suministrar la corriente y el voltaje necesarios desde los terminales A y B.[35]

El relé que utilizamos para todos nuestros circuitos en este proyecto es el que podemos observar en la figura 3.8. Se activa con 5VDC y nos permite activar 110 VAC que necesitamos para las luces del semáforo, como también las entradas de 24 VDC del PLC.



Figura 3.8 [36]

## V. Programación Lógica de los Semáforos

De acuerdo a la intersección que establecimos en un subcapítulo anterior, tenemos que tomar en cuenta cuales son los cambios necesarios para los semáforos presentes en el proyecto. Para ello, tenemos varias condiciones que hemos considerado.

En primer lugar, los semáforos tienen que cambiar como los semáforos normales, es decir verde, amarillo y rojo, en esa secuencia, con tiempos prudentes.

Luego, los tiempos de amarillo y rojo son fijos, sin embargo, los tiempos de verde cambian de acuerdo a la cantidad de autos que circulen.

En la figura 3.9 tenemos nuevamente la disposición de los sensores en la intersección.

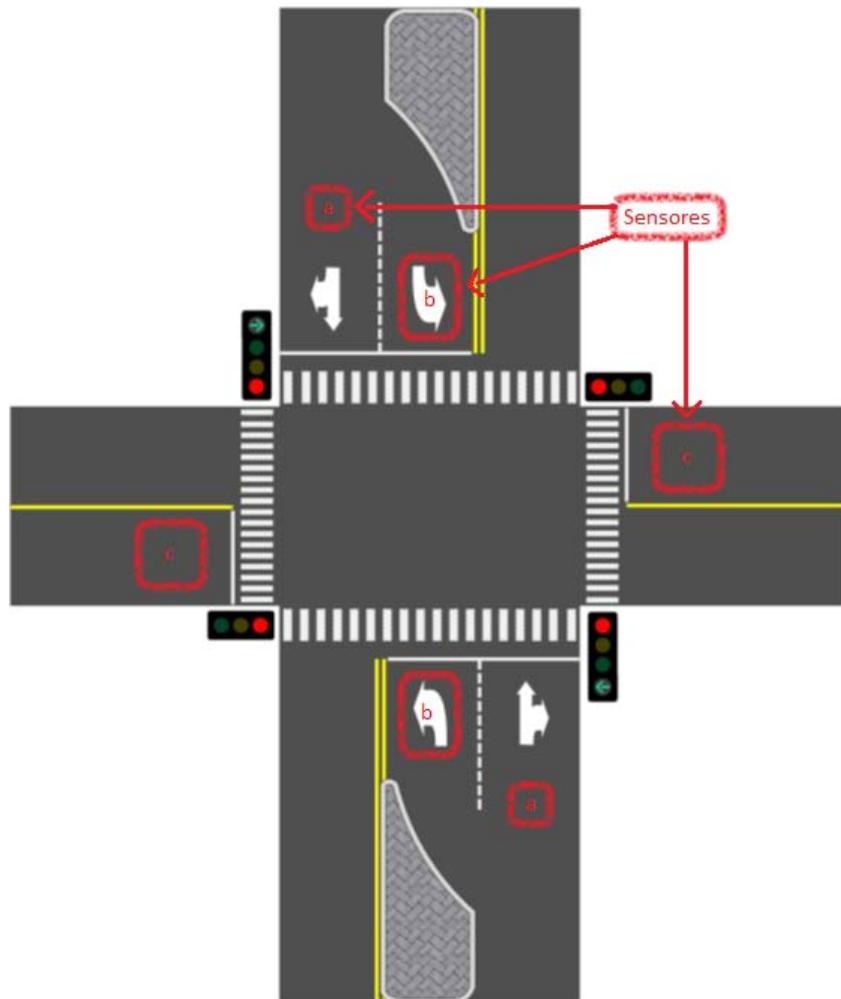


Figura 3.9

En la figura 3.10, podemos observar un esquema de cómo cambian las luces de los semáforos de acuerdo a cómo se activan los sensores.

Sensores activados	Luces	Vía Principal	Vía Secundaria
	Q4	verde	rojo
a	Q5	amarillo	rojo
	Q1	rojo	rojo
	Q2	rojo	verde
	Q3	rojo	amarillo
	Q1	rojo	rojo
b	Q1	rojo	rojo
	Q7	rojo	flecha
b	Q5	amarillo	rojo
	Q1	rojo	rojo
	Q7	rojo	flecha

Q7 = Q1 y Q6

Figura 3.10

La condición principal que hemos establecido es que la luz verde para la vía principal esté el mayor tiempo encendida, puesto que suponemos que por ella el flujo vehicular es mayor.

Cuando se encienden los sensores a, es decir los de la vía secundaria indican la presencia de autos en esa vía, por lo que es necesario que el semáforo cambie para que la luz verde secundaria esté encendida.

Cuando se encienden los sensores b, es necesario que las luces del semáforo se pongan para ambas vías en rojo y se encienda la luz de flecha para virar a la izquierda. Si están encendidos los sensores a y b a la vez, se da prioridad a la vía secundaria, es decir, primero cambian las luces de colores para que puedan transitar los vehículos en la vía secundaria y luego los que van a virar a la izquierda. Si se encienden los sensores b, sin que se enciendan los a, el lazo de cambiar las luces para que transiten los vehículos de la vía secundaria se omite y se cambian las luces directamente para que los autos viren a la izquierda.

Los sensores sirven de contadores, pero comienzan a contar cuando la luz en verde que corresponde al flujo que están contando se enciende y se resetean cuando se apaga. El propósito de los contadores es que cuando haya un mayor flujo de autos en un sentido, el tiempo de encendido de la luz verde se alargue.

## VI. Intersección

En tránsito, intersecciones son lugares donde se juntan o cruzan dos o más calzadas. Debido a su función, por la interacción vehicular, en estos lugares existe una alta probabilidad de ocurrencia de accidentes. [43]

De acuerdo a la geometría de las intersecciones, éstas se clasifican en tres tipos: T, Y y en cruz, como podemos apreciar en la figura 3.11

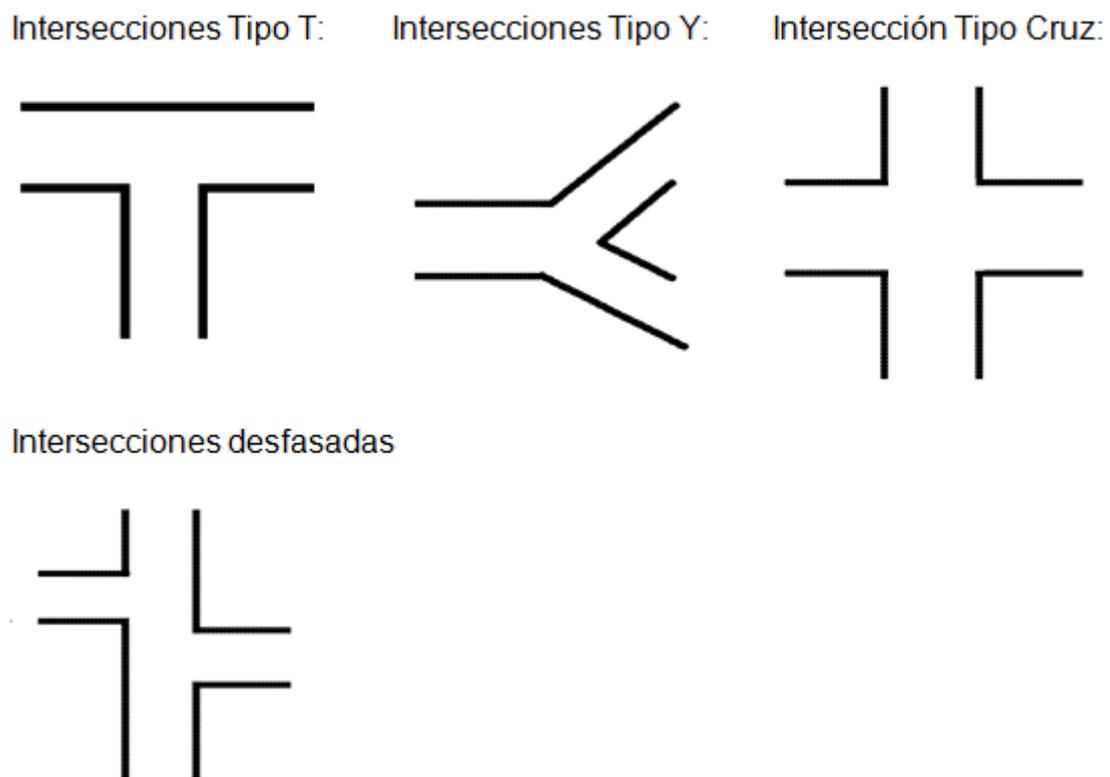


Figura 3.11

Hay distintas maneras de realizar el control de las intersecciones, como con la presencia de un Oficial de Tránsito, un Semáforo, un signo de Pare o de Ceda el Paso. [43]

Para nuestro estudio, hemos decidido usar la intersección en forma de cruz, como podemos ver en la figura 3.12 y demostrar el principio de funcionamiento de nuestro prototipo.

La situación establecida trata con una intersección de dos vías, una principal y una secundaria. La intersección es simétrica, las vías principal y secundaria son iguales de ida y de venida.

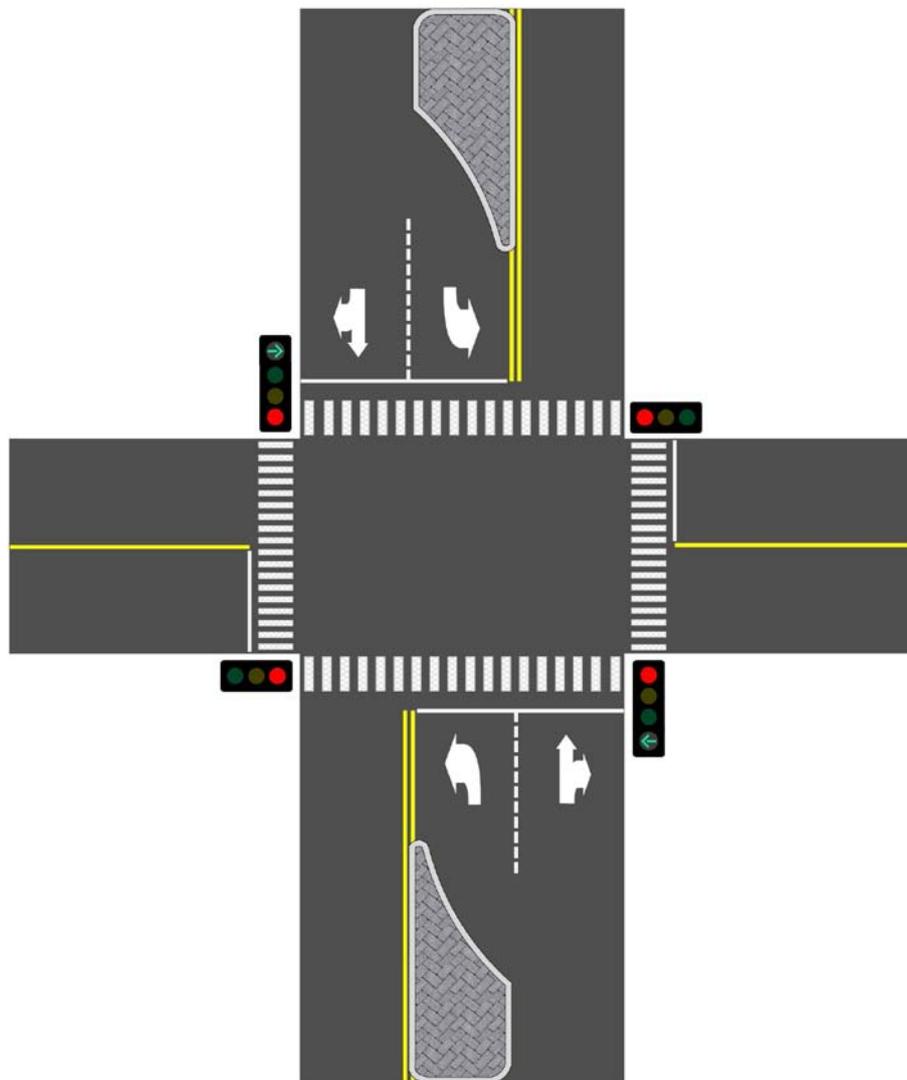


Figura 3.12

La vía principal cuenta con un carril para seguir normal y un carril exclusivo para virar a la izquierda, hacia la vía secundaria. La vía secundaria cuenta únicamente con un carril a cada lado.

Hemos colocado 6 sensores, dada la simetría de nuestro modelo de intersección, los sensores cumplen la misma función, uno a cada lado de la intersección, distribuidos como en la figura 3.13.

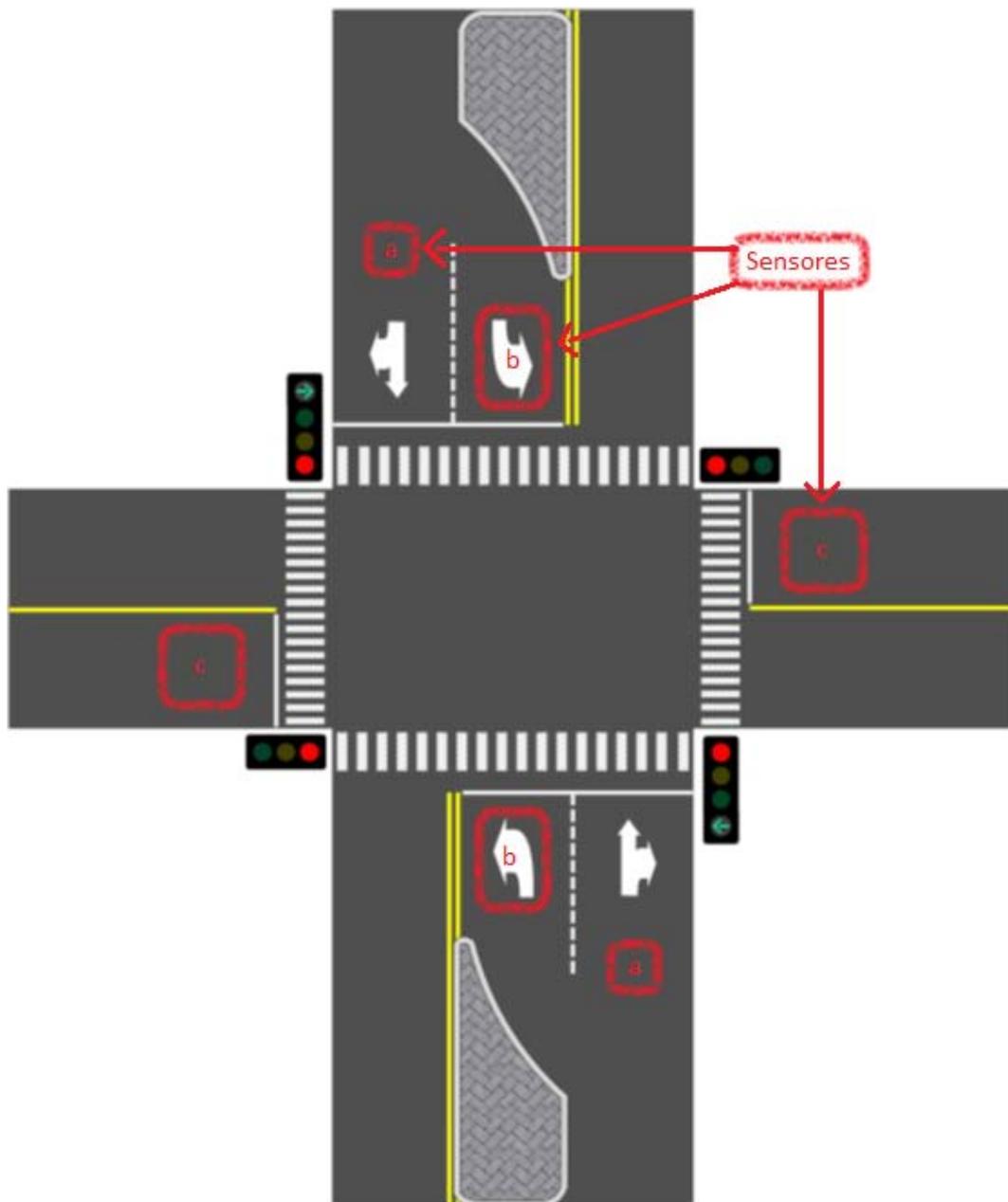


Figura 3.13

El objetivo de la ubicación de los sensores es la siguiente:

- Sensores a. Contadores principal. Sirven exclusivamente para contar la cantidad de autos que circulan por la vía principal.
- Sensores b. de Flecha. Tienen la función de detectar cuando hay autos que desean voltear a la izquierda en la vía principal y también de contar cuantos van pasando mientras esta la luz de la flecha encendida.
- Sensores c. Secundarios. Detectan la presencia de autos en la vía secundaria, a la vez cuentan cuantos pasan mientras esa luz verde secundaria está encendida.

## VII. Transistores

Es un dispositivo semiconductor que permite el control y la regulación de una corriente grande mediante una señal muy pequeña [37], éste amplifica una señal o abre o cierra un circuito. [38]

El transistor bipolar es el más común de los transistores, y como los diodos, puede ser de germanio o silicio.

Existen dos tipos transistores: NPN y PNP. La dirección del flujo de la corriente en cada caso, lo indica la flecha que se ve en la figura 3.14 de cada tipo de transistor.

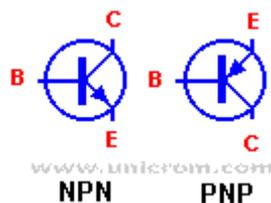


Figura 3.14 [39]

Este tipo de transistor tiene 3 patas: base (B), colector (C) y emisor (E). La flecha de la simbología siempre está en el emisor.

El transistor bipolar es un amplificador de corriente. Cuando se introduce una corriente por la base, el emisor entrega una amplificación de la misma corriente, dado un factor  $\beta$ , propio de cada transistor.

Entonces:

$$I_c = \beta * I_b$$

- $I_c$  corriente del colector
- $\beta$  factor de amplificación
- $I_b$  corriente de la base

Y:

$$I_e = I_c$$

- $I_e =$  corriente del emisor
  - $I_c =$  corriente del colector, dependiendo de si entra o sale del transistor.
- [39]

## 1. Funcionamiento básico de los transistores

Cuando el interruptor SW1 está abierto, no circula corriente por la Base del transistor, por lo que la lámpara no se encenderá. Toda la tensión está entre el Colector y el Emisor (Figura 3.15).

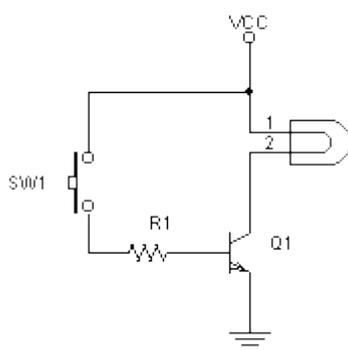


Figura 3.15

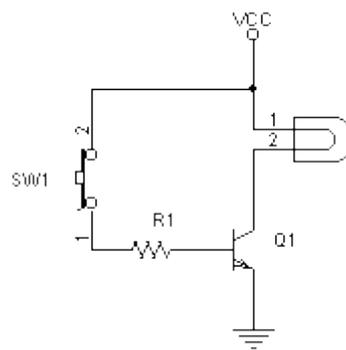


Figura 3.16

En la figura 3.16, se cierra el interruptor SW1, una corriente pequeña circula por la Base, entonces el transistor disminuye su resistencia entre Colector y Emisor, por lo que pasará una corriente muy grande, haciendo que se encienda la lámpara. [37]

El transistor que hemos usado es un TIP41C, un transistor epitaxial de Silicio tipo NPN.

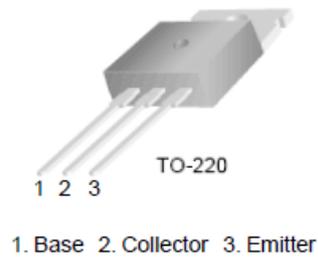


Figura 3.17 [40]

## Capítulo 4: Diseño y Construcción del Prototipo

### I. Diseño y Construcción de la Maqueta

Como vimos anteriormente, el caso de la intersección que usamos para demostrar el funcionamiento de nuestros dispositivos, hemos construido la intersección como se ve en la figura 4.1. Para ello, hemos usado dos tablas triplex con distintos espesores, las cuales están separadas en sus cuatro esquinas por pedazos de madera, para colocar en la mitad, debajo de la intersección, todo lo necesario para el correcto funcionamiento del prototipo, cuyos elementos están explicados en el siguiente subcapítulo.



Figura 4.1

La maqueta es de triplex de 6mm de espesor. Le hemos hecho huecos a la tabla del tamaño de los sensores debido a su corto rango de alcance de

detección. Esto se compensa con el área de detección del mismo, puesto que deseamos asemejar a unos sensores inductivos de tipo bucle. Cubriendo toda la madera están las hojas de lija, para simular una calzada de pavimento y aceras.



Figura 4.2

Hemos usado vehículos de juguete para demostrar el funcionamiento, pero a ellos les hemos agregado, debajo, placas pequeñas metálicas como representación de la carrocería, ya que los sensores inductivos funcionan detectando únicamente metales.



Figura 4.3

En la figura 4.3 tenemos los sensores que hemos colocado. Estos sensores cumplen con la función deseada, la misma que cumplen los sensores de tipo bucle en un sistema real, los cuales se instalan por debajo del pavimento. Ambos detectan la presencia de autos cerca de la intersección y, además, se puede realizar el conteo de la cantidad de los mismos que circulan para optimizar los tiempos de las luces en verde.



Figura 4.4

El semáforo construido por nosotros se acerca a los reales, de forma que utiliza voltajes de la red alterna común que usamos todos. Las luces son originalmente de 220 VAC, pero con 110 VAC funcionan correctamente, según las características propias de fabricación, sin afectar la cantidad de luz emitida. El tubo que usamos para levantar el semáforo representa una columna vehicular o un báculo, con la diferencia lógica que sólo se puede colocar hasta 2 sets de luces porque sólo hay soportes simples y dobles. En nuestro caso, estamos usando 4 sets de luces para apuntar a las 4 direcciones de la intersección con un solo semáforo, como si éste estuviera colgado.

Como podemos observar en la figura 4.4, tenemos un total de 14 luces, debido a la simetría del sistema de ordenamiento del tránsito y la simetría de la intersección, los colores similares del lado opuesto del semáforo se encienden al mismo tiempo. Por lo tanto, son 7 distintos colores con direcciones los que tenemos que establecer, con distintas combinaciones.

Las luces son:

- Para la vía principal, 4 luces: verde, ámbar, rojo y la flecha en verde.
- Para la vía secundaria, 3 luces: verde, ámbar y rojo.

Las combinaciones:

- Verde principal y Rojo secundario, que es la condición que deseamos mantener por el mayor tiempo posible, debido al gran flujo de autos.
- Ámbar principal y Rojo secundario.
- Rojo principal y Rojo secundario, esta condición es absolutamente necesaria. A pesar de parecer inútil, nos da un tiempo para que los autos que se encuentren transitando, mientras han cambiado de colores los semáforos y esté cambiando el sentido del flujo vehicular, logren cruzar la intersección y no haya tanto peligro de accidentes.

- Verde secundario y Rojo principal.
- Ámbar secundario y Rojo principal.
- Flecha, Rojo principal y Rojo secundario.
- Cualquier otro tipo de condición no debe suceder, puesto que volvería muy peligroso el flujo de autos y aumentaría la probabilidad de ocurrencia de accidentes.

## II. Diseño y Construcción de los Circuitos

Como establecimos en un principio, el propósito de esta tesis es diseñar, desarrollar y construir un prototipo de un semáforo inteligente, en base a un modelo propio de un semáforo inteligente, haciendo uso de sensores inductivos y controladores lógicos programables: PLC y PIC.

Queremos usar los mismos elementos, el mayor número posible, para ambos controladores, por ello, tenemos elementos que sirven en común y conectados al mismo tiempo para ambos sistemas.

### 1. Común

La alimentación que hemos usado consta de varias partes, debido a los distintos potenciales eléctricos que necesitamos para alimentar distintos dispositivos.



Figura 4.5

La fuente que se muestra en la figura 4.5 es de 24 VDC, la cual sirve para alimentar los seis sensores que colocamos en la maqueta. La fuente se alimenta con 110 VAC, entrega los 24 VDC rectificadas y está conectada directamente a una caja que organiza los sensores.



Figura 4.6

La segunda fuente, figura 4.6, es una fuente de computador, se conecta a la alimentación alterna de 110 VAC y nos entrega 12 VDC y 5 VDC, dependiendo de las salidas que se utilicen. Con esta fuente, alimentamos los circuitos del PIC y de los relés.

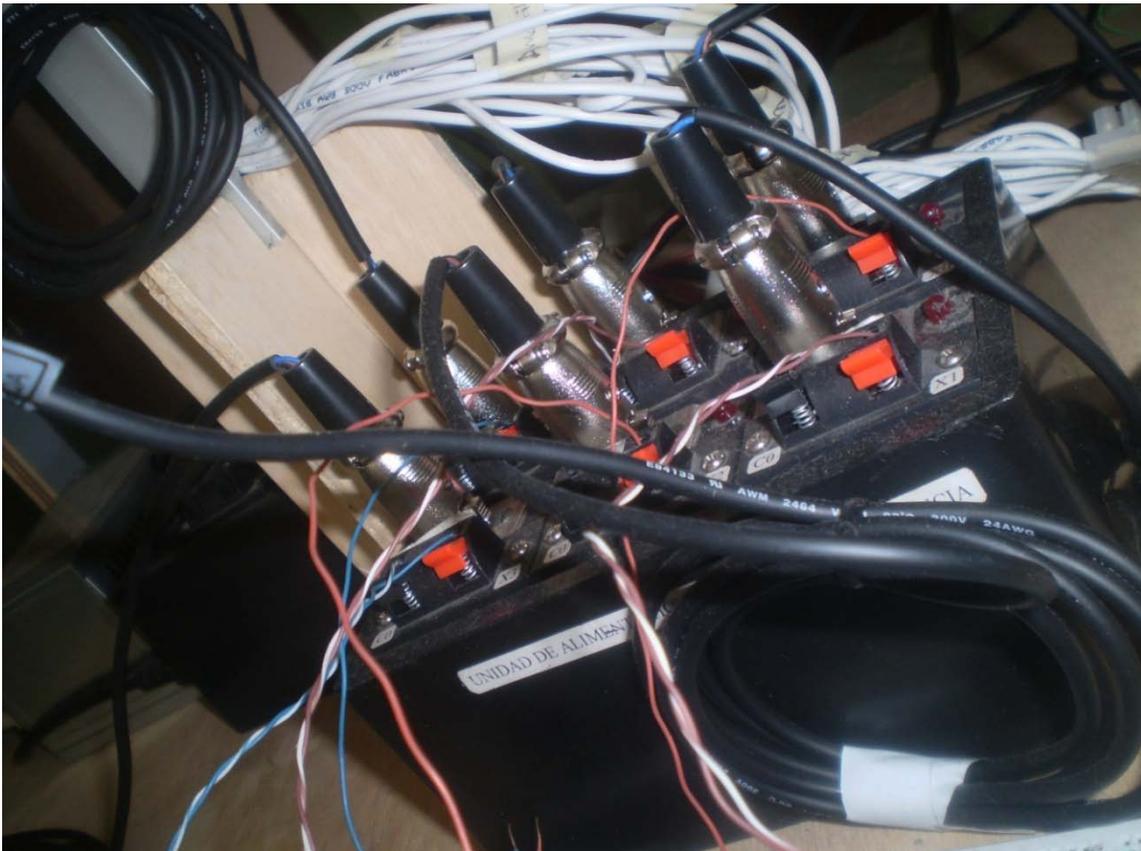


Figura 4.7

Aquí tenemos la Unidad de Alimentación de Sensores de Presencia (figura 4.7), todos inductivos. Esta caja cumple con varias funciones para los sensores. La alimentación de los sensores, 24 VDC que vienen de la fuente anteriormente mencionada. La recolección de la señal que envía el sensor, es decir, la señal de detección, 2.5 VDC -comparada con el cable de alimentación de menor potencial- que son llevados hasta unas borneras y también enviados a un LED indicador. La organización de los sensores en lugares específicos para un mejor manejo de los mismos, disminuir el espacio de ocupación y facilidad de recolección de las señales de detección.

A los sensores hemos colocado un conector con 3 entradas, puesto que los sensores que usamos tienen 3 cables, dos para alimentación y uno para enviar la señal de detección.

## 2. PLC

El PLC que utilizamos, ha sido descrito anteriormente en el capítulo 3.II.

Para poder conectar los sensores al PLC, es necesario un circuito con relés, transistores y diodos, figura 4.8.

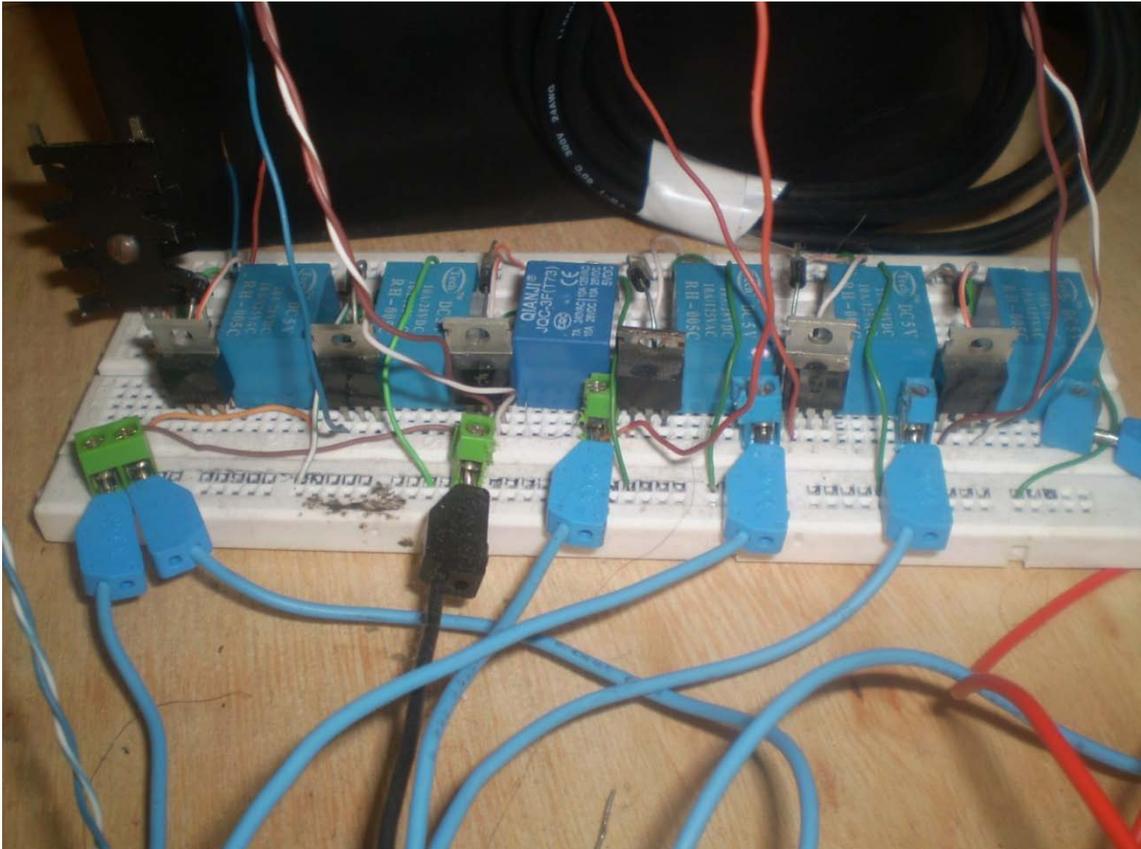


Figura 4.8

Debido a que las entradas del PLC que usamos se activan con su propia alimentación común, tenemos que usar interruptores, que dependan de las salidas de los sensores. Por ello están los relés. La señal que viene de los sensores es únicamente de 2.5 VDC con muy baja corriente y los relés que estamos usando son de 5 VDC y necesitan una corriente mínima para activarse, la cual no se alcanza. Por esta razón hacemos uso de transistores TIP41C, que funciona como un interruptor para activar los relés con un voltaje obtenido de la fuente de 5VDC.

Los relés también cumplen con una función de protección, ya que aíslan los circuitos del PLC.

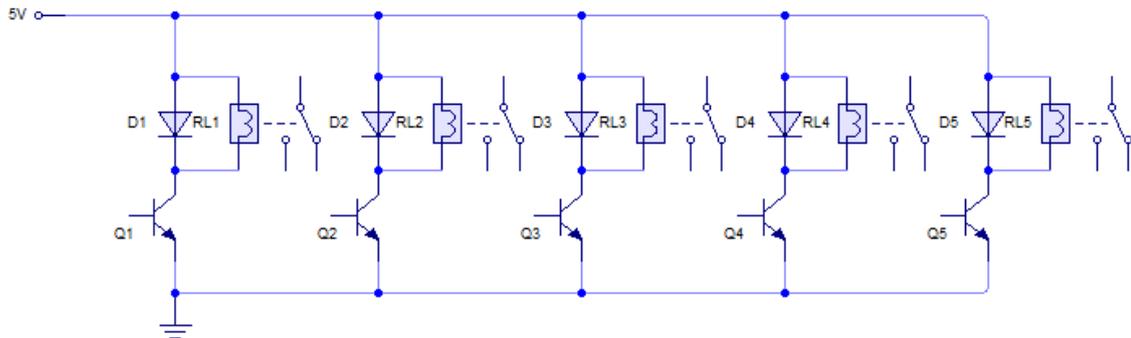


Figura 4.9

La figura 4.9 es el diagrama eléctrico de la conexión de la Figura 4.8, anteriormente explicada. Las entradas de los sensores van a los transistores TIP41C; los contactos normalmente cerrados de los relés van al PLC, Debido a que los sensores son NPN, normalmente abiertos. Es decir, cuando los sensores se activan, los relés se desactivan y las entradas del PLC se activan.

Las salidas del PLC funcionan como interruptores, tienen un punto común y se van activando de acuerdo a la programación, pero soportan únicamente hasta 24 VDC. Como las luces que usamos se alimentan con 110 VAC, no se puede hacer una conexión directa. Por ello, utilizamos relés de 5 VDC, nuevamente.



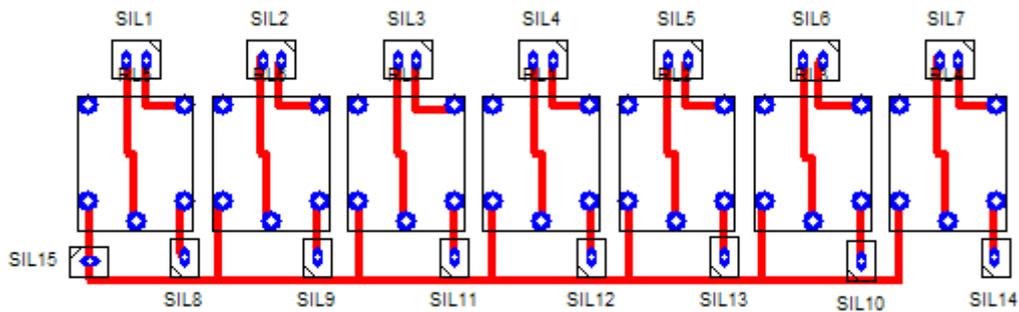


Figura 4.10

En la figura 4.10 tenemos el diagrama de conexión de los relés de las salidas hacia las luces. Encontramos el SIL 15, donde alimentamos todos los relés con 5 VDC, sin embargo, estos no son activados hasta que exista una diferencia de potencial, es decir, necesitamos conectar cada entrada de los relés a una salida del PLC y el común del PLC al común de la fuente.

Como sabemos, las luces funcionan con 110 VAC, es decir, fase y neutro. El neutro de todas las luces está conectado en común y directamente a la red. Por otro lado, la fase de cada luz está conectada al contacto Normalmente Abierto de su respectivo relé. Es decir, las luces están conectadas en paralelo entre sí.

### 3. PIC

El objetivo es usar un PIC en lugar de un PLC. Pero, para ello, tenemos que hacer funcionar un PIC como que fuese un PLC programado para esta función, entonces, hemos diseñado algunos circuitos.

El programador es una herramienta que nos facilita la programación del mismo PIC, conectado, sin la necesidad de sacarlo de su zócalo para llevarlo a un lugar distinto; sino que, mediante un switch, podemos elegir entre las opciones de programación y funcionamiento regular del PIC. Para esto usamos comunicación serial RS 232, con cable DB9, directamente desde el programador, por lo que es absolutamente necesario poseer un computador con puerto serial y un programa para programar PIC's.

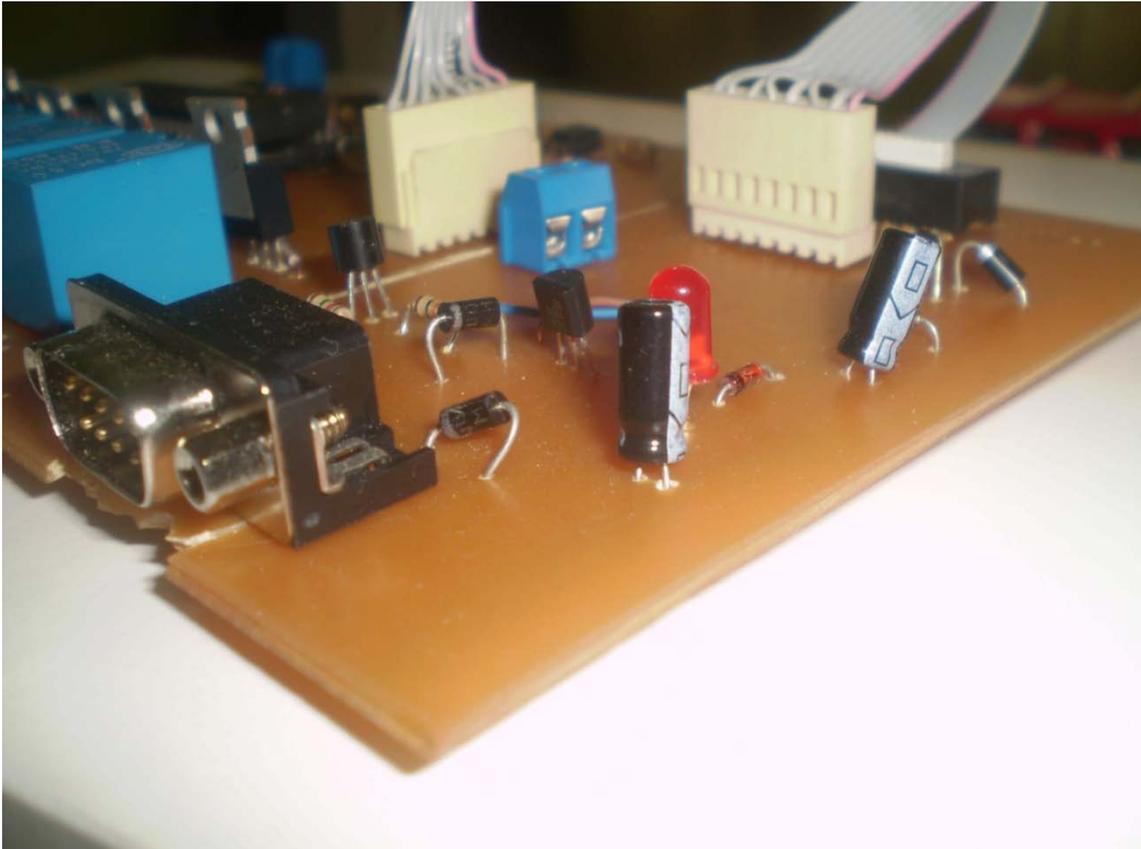


Figura 4.11

En la figura 4.11 tenemos la placa del programador, podemos observar el conector macho DB9, para el cable serial. Debido a que el computador también posee un conector DB9 macho, el cable de conexión tiene que ser hembra en ambos extremos, conectados directamente, es decir, sin cruzar. Podemos observar también que hay una bornera, donde llegan 5V para alimentar el PIC, pero lo importante es que están en esta placa, no en la del PIC, con el objetivo de escoger la alimentación, sea del programador o funcionamiento regular del PIC.

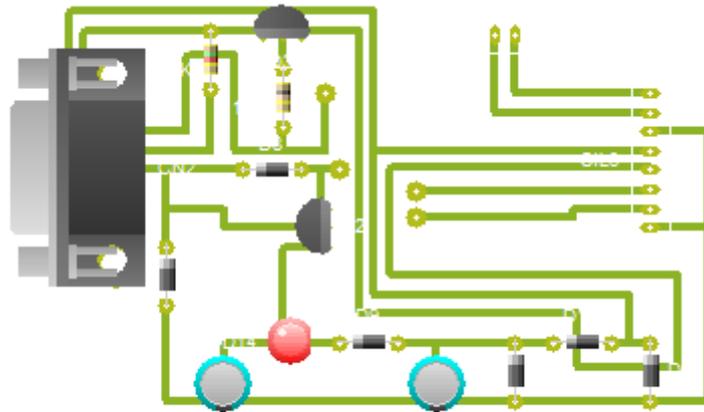


Figura 4.12

Como podemos ver en la figura 4.12, el programador consta de un LED que nos permite observar el momento en el que el PIC está siendo programado. El resto de elementos conforman filtros y seguridades, para que los voltajes sean los apropiados durante la programación del PIC. [44]

Hemos diseñado un circuito para el PIC que satisface los requerimientos para nuestro proyecto. Lo podemos observar en la figura 4.13. En este circuito, usamos como entradas los pines 2 al 7 del puerto A, en el PIC 16F877A. Las señales de entrada del PIC vienen desde las borneras de cada sensor de la Unidad de Alimentación de Sensores de Presencia. El PIC reconoce los 2.5 VDC que vienen de los sensores, por lo que no es necesario usar ningún otro elemento electrónico. Sin embargo, tuvimos que hacer una conexión de tierra común entre la alimentación de los sensores y la alimentación del PIC, para que el PIC pueda detectar el cambio de voltaje entre detección y no detección de los sensores.

Como salidas, usamos los puertos C y D, pines 22 al 28, debido a que poseen las mismas características y a su distribución en el PIC, es decir, los pines de entrada están todos de un lado y los pines de salida, todos del otro lado; con el objetivo de facilitar el diseño y la conexión. Para poder programar este PIC, se usan los pines 33, 39 y 40; que representan PGM (habilitación de

programación); PGC (generación de señales de reloj) y PGD (generación de señales de datos).

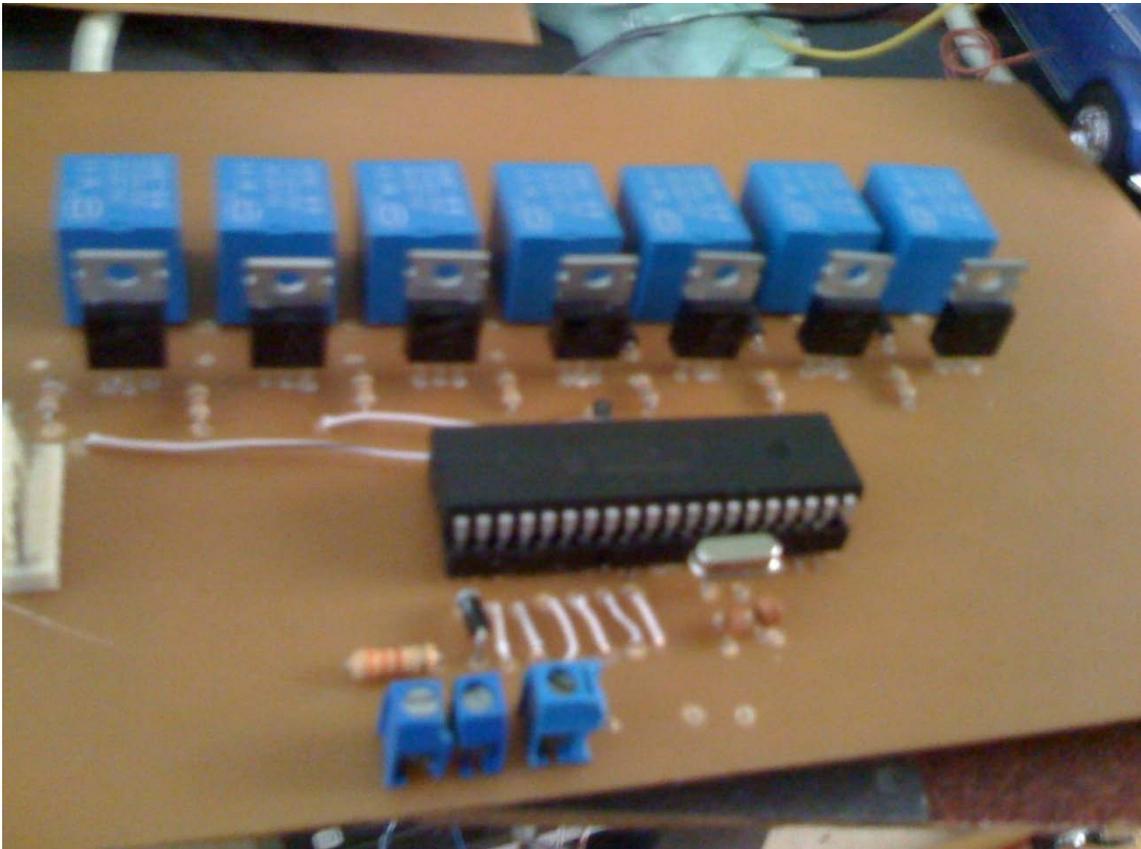


Figura 4.13

La señal que sale del PIC es de corriente baja, la cual no alcanza para prender los relés, lo cuales encienden o apagan las luces del semáforo. Por esta razón hacemos uso de transistores TIP41C, que funciona como un interruptor para activar los relés con un voltaje obtenido de la fuente de 5VDC. Los relés también cumplen con una función de protección, ya que aíslan los circuitos del PIC. Los diodos cumplen con funciones de seguridad.

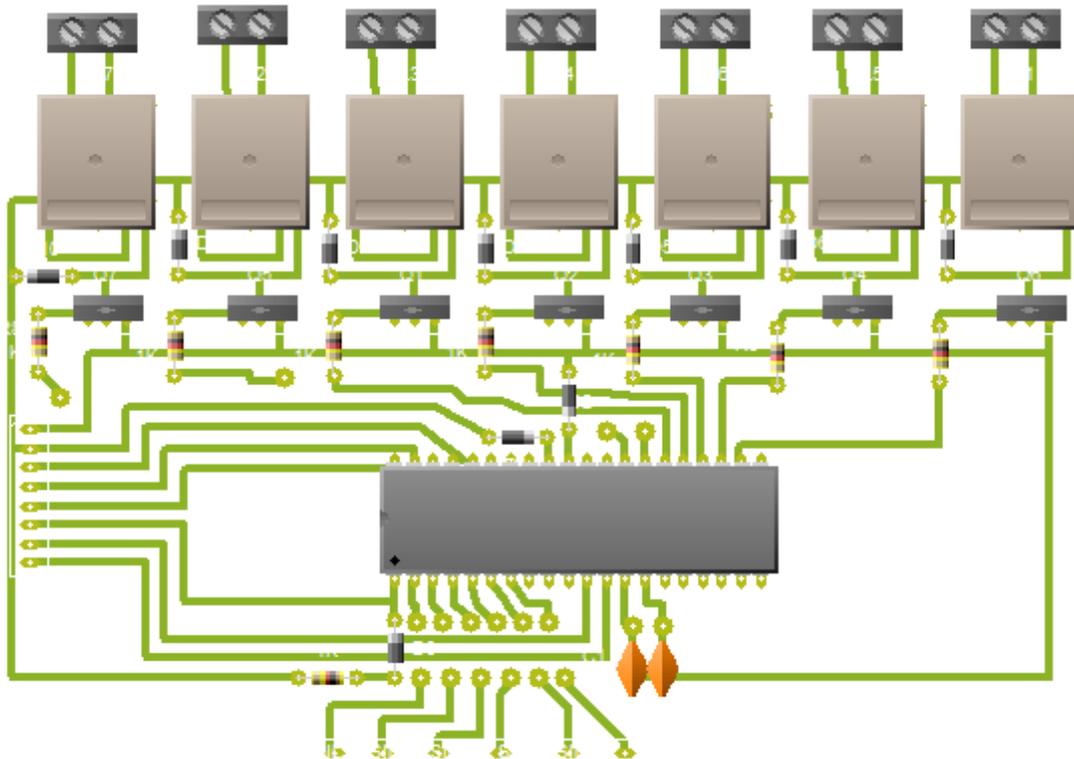


Figura 4.14

En la figura 4.14 tenemos el diagrama de conexión del PIC diseñado para nuestro proyecto, exclusivamente. Como podemos observar al lado izquierdo de la figura, allí encontramos un conector de 8 pines, el cual está conectado con el programador, es decir, que, dependiendo de la posición del switch, se envía la corriente necesaria para el funcionamiento del PIC o se envían las corrientes para programar al mismo PIC. Para evitar un cruce de corrientes entre la que viene del programador, es decir, de la fuente del computador y de la fuente de 5V que usamos para alimentar el PIC, están colocados diodos de protección.

### III. Programación PLC

#### 1. Conceptos básicos

Para la programación del PLC se utilizó el programa STEP 7 Micro-WIN, este programa es creado por SIEMENS para programar sus PLC. El STEP 7 Micro-WIN es un software de programación tipo escalera, que es un sistema gráfico muy parecido a hacer un diagrama de cableado eléctrico, en el que se usan contactores, bobinas y bloques para realizar una secuencia de acciones a realizarse por el PLC. La programación en escalera es un método bastante usado para la programación de PLC debido a su fácil uso, esta simula el flujo de la corriente eléctrica desde una fuente de energía pasando a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que activan condiciones lógicas de salida. La lógica está separada en Networks y al ejecutarse el programa en el PLC este va a seguir la secuencia con la que se realizó el programa. En la figura 4.15 podemos ver un ejemplo muy sencillo de programación en escalera en el que una señal de entrada I0.0 activa una salida Q0.0 y al activarse la salida esta se enclava y sigue funcionando aunque se desactive la entrada.

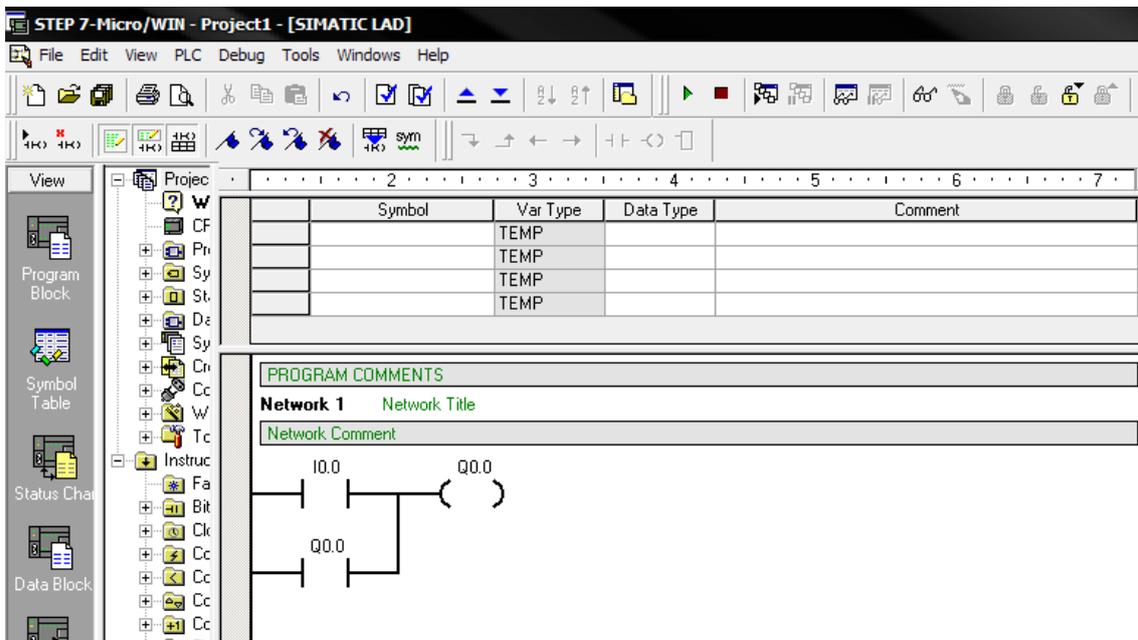


Figura 4.15

Las instrucciones básicas del programa están representadas gráficamente y son tres:

 Contactores.- Representa condiciones lógicas de entrada y funciona como un interruptor, un botón, etc.

 Bobinas.- Representa condiciones lógicas de salida y funciona como un arranque de motor, focos, etc.

 Cajas.- Representa instrucciones adicionales como adición, sustracción, temporizadores, contadores, etc.

En el programa del PLC para nuestro semáforo se utilizaron cuatro instrucciones diferentes: bobinas, contactores, temporizadores y contadores.

#### a. Bobinas

Las bobinas (Figura 4.16) representan un relé o una salida que es energizada por el flujo de corriente eléctrica, a esta se le asigna una dirección de memoria e indica que si el flujo de corriente alcanza a la bobina es un uno lógico de lo contrario es un cero lógico. A continuación podemos observar en la figura 4.17 un ejemplo de cómo funcionan las bobinas.

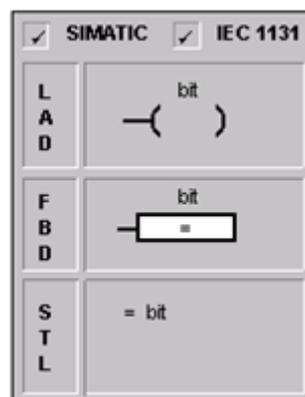


Figura 4.16

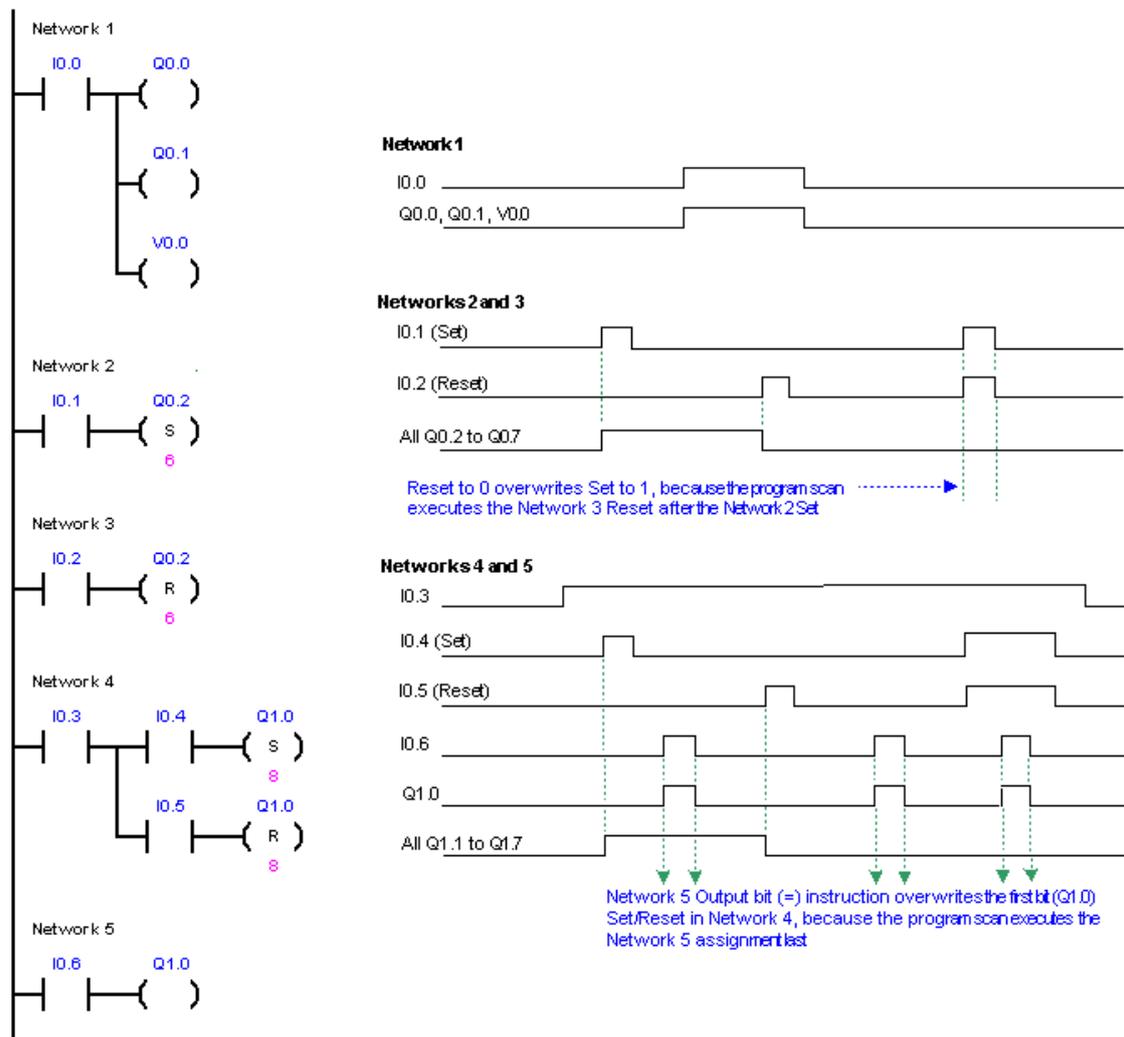


Figura 4.17

### b. Contactores

Los contactores representan interruptores que permiten que el flujo de corriente desde la fuente. Los contactores pueden ser normalmente abiertos o normalmente cerrados como se puede apreciar en la figura 4.18, para los normalmente abiertos es necesario que el contacto este activado para que pase la corriente, y para el normalmente cerrado si el contacto está activado no permite el paso de corriente. A los contactos se les asigna una dirección de memoria y si esta es un uno lógico cierra el contacto de ser normalmente abierto o abre el contacto de ser normalmente cerrado. A continuación podemos observar en la figura 4.19 un ejemplo de cómo funcionan los contactores.

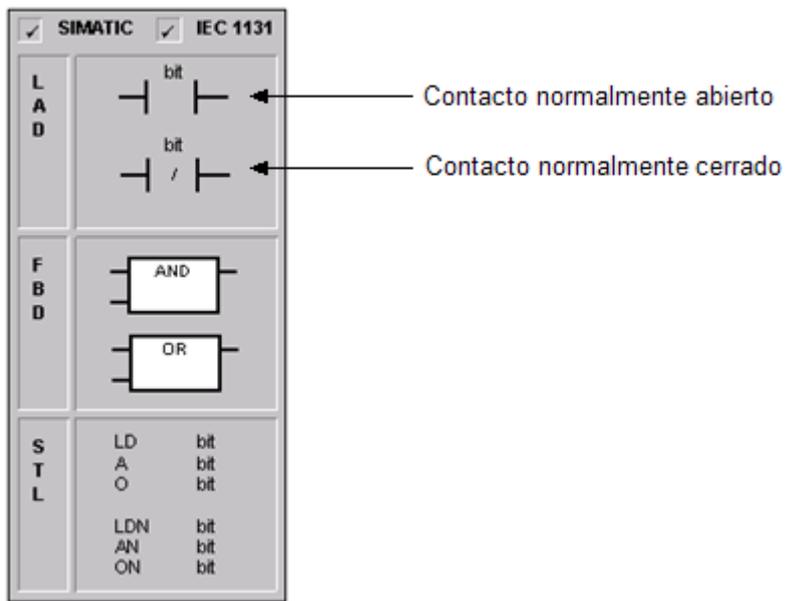


Figura 4.18

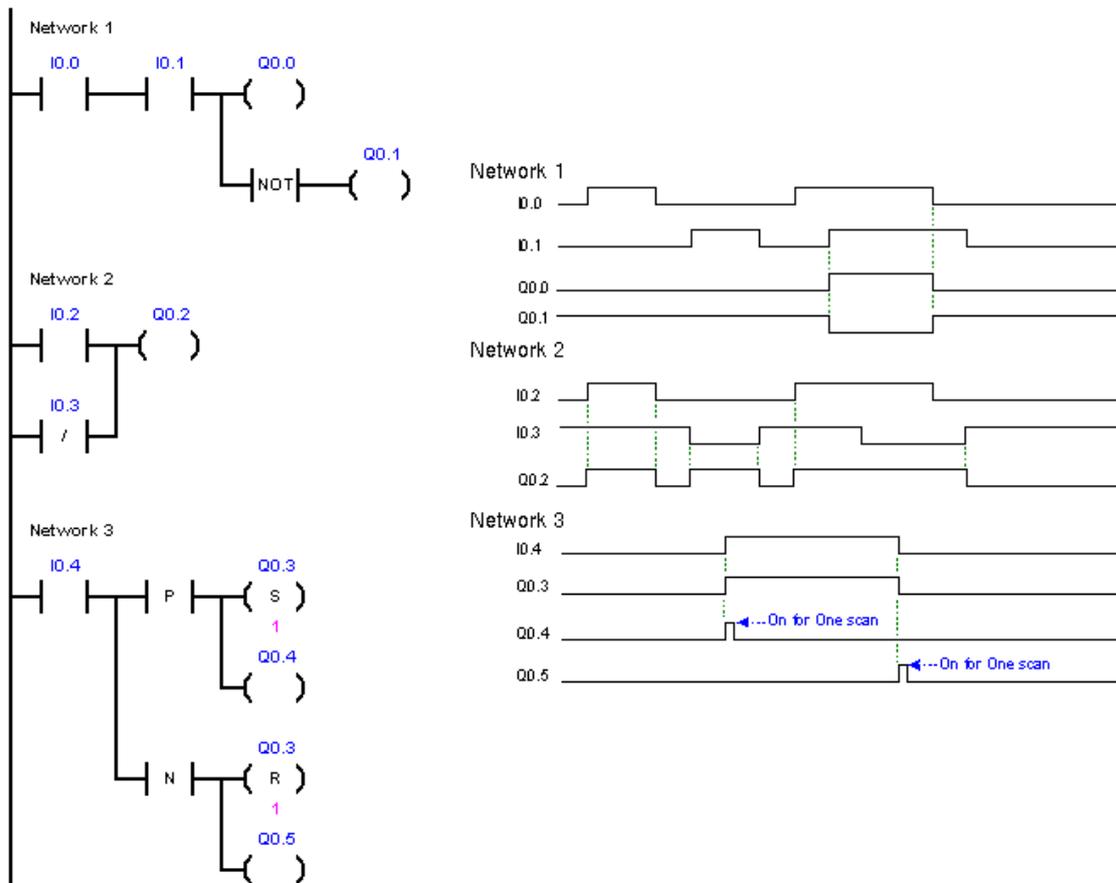


Figura 4.19

### c. Temporizadores

Los Temporizadores pueden ser On Delay u Off Delay. Los On Delay (figura 4.20) son los que una vez que el flujo de corriente llega al temporizador este espera un tiempo determinado y luego se activa (uno lógico en la dirección de memoria asignada). Los Off Delay son los que una vez que el flujo de corriente llega al temporizador se mantienen cerrados hasta que haya pasado el tiempo definido y luego se abre. Las direcciones que se les puede asignar a los temporizadores pueden ser desde T32 hasta T255. Las direcciones desde la T32 hasta la T96 tienen una resolución de 1ms; desde la T97 hasta la T100 tienen una resolución de 10ms; y desde la T101 hasta la T255 tienen una resolución de 100ms. Las resoluciones de los temporizadores nos dictan el número que tenemos que poner en la entrada PT del temporizador que podemos observar en la figura 4.20, para que al multiplicarlo por la resolución nos dé el tiempo que necesitamos. A continuación podemos observar en la figura 4.21 un ejemplo de cómo funcionan los Temporizadores On Delay.

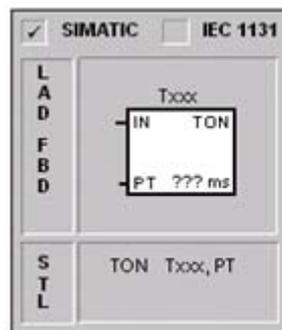


Figura 4.20

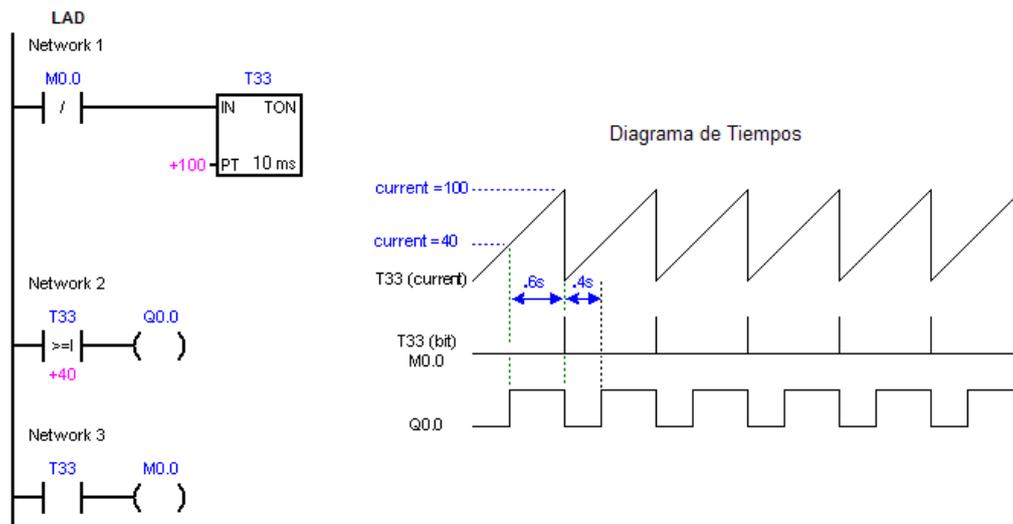


Figura 4.21

#### d. Contadores

Los contadores pueden ser ascendentes, descendentes o ascendentes y descendentes. Los contadores ascendentes (CTU) van aumentando en 1 al contador cada que se activa la entrada CU, que se puede ver en la figura 4.22, una vez que el contador llegue al número hasta el que se desea contar, que es pone en la entrada PV del contador, la dirección asignada al contador se hace un uno lógico y este se mantiene así mientras el contador sea igual o mayor al número asignado a la entrada PV. Para que el contador vuelva a cero se debe activar la entrada R del mismo, esto se da para todo los tipos de contadores. Los contadores descendentes (CTD) (figura 4.23) van disminuyendo en 1 al contador cada que se activa la entrada CD, el contador comienza en un número determinado en la entrada PV y cuando el contador llegue a cero la dirección asignada al contador cambiara a uno. Los contadores ascendentes-descendentes (CTUD) (Figura 4.24) aumentan en 1 al contador cada que se activa la entrada CU y decrecen en 1 cuando se activa la entrada CD, una vez que el contador pase al número hasta el que se desea contar, que es pone en la entrada PV del contador, la dirección asignada al contador se hace un uno lógico y este se mantiene así mientras el contador sea igual o mayor al número asignado a la entrada PV. Para que este contador se active o desactive no es

necesario que se lo resetee, solo tiene que descender el contador hasta un numero menos al designado en PV y luego suba nuevamente.

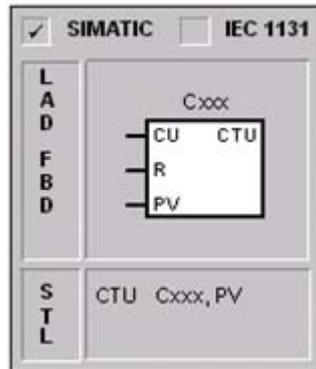


Figura 4.22

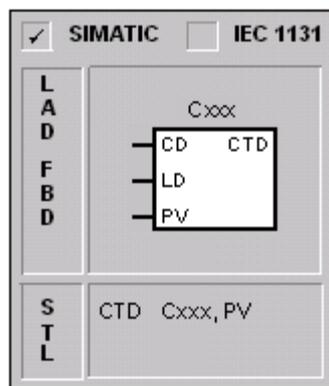


Figura 4.23

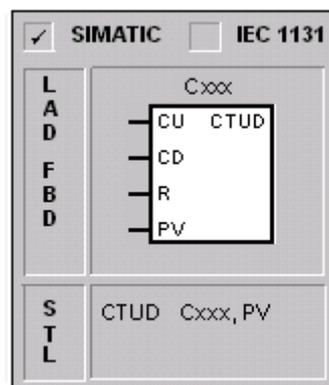


Figura 4.24

Una vez explicado cómo funciona el STEP 7 MicroWIN y cómo funcionan las instrucciones usadas en nuestro programa podemos proceder a explicar cómo funciona la programación del semáforo inteligente diseñado.

## 2. Programación de un Semáforo Inteligente

El Network 1 y 2 son las condiciones para que el semáforo se mantenga en verde para la principal y rojo para la secundaria, como se puede observar en la figura 4.25. Esta acción tiene un tiempo mínimo antes de que pueda pasar a las siguientes acciones si se activa uno de los sensores de curva o de la vía secundaria. Como se puede ver en la figura 4.26 hay otros 2 temporizadores, en los Networks 3 y 4, estos temporizadores añaden un tiempo al tiempo mínimo si ha pasado una cantidad determinada de carros por la principal.

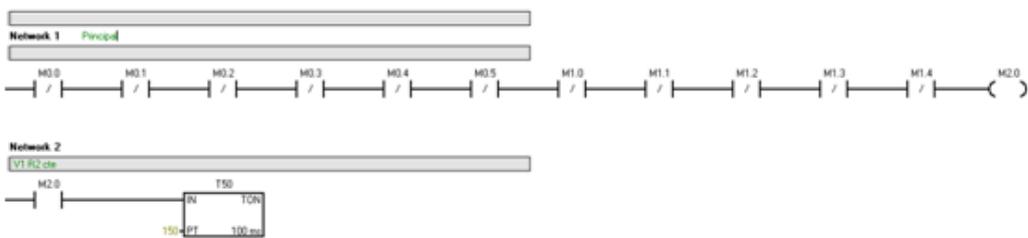


Figura 4.25

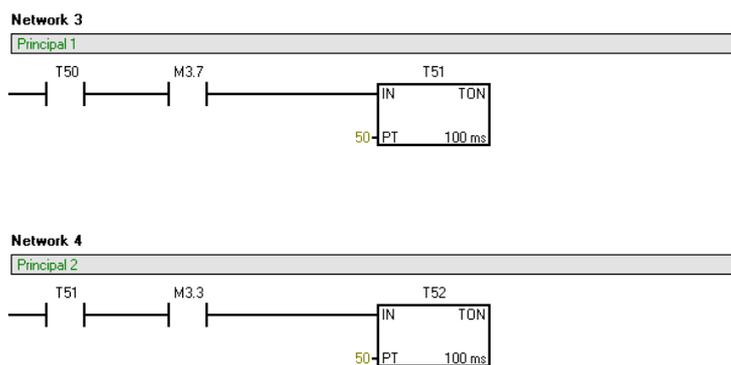
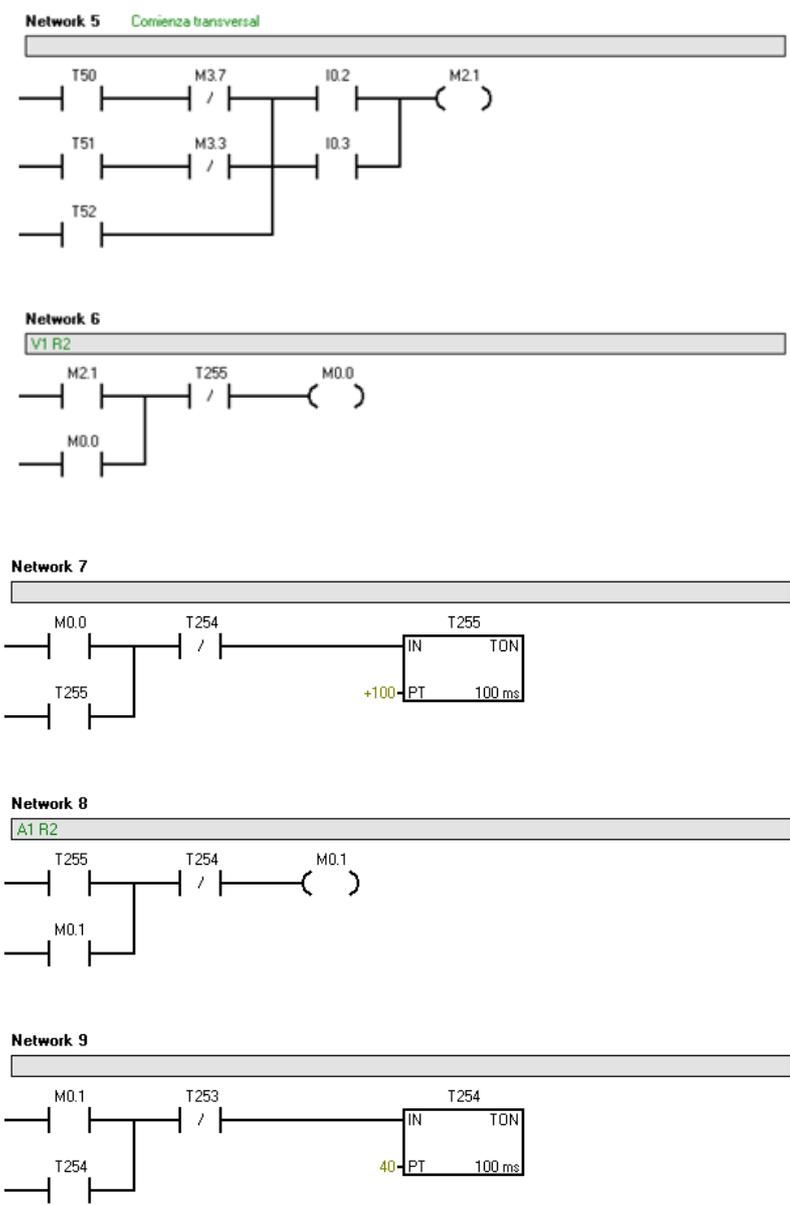


Figura 4.26

Si uno de los dos sensores de las transversales es activado, esto significa que hay un carro que está esperando para cruzar, entonces estos sensores

permiten el paso del programa a la siguiente parte que es el cambio de verde para la principal y rojo para la transversal, a rojo para la principal y verde para la transversal, lo que se puede ver en la figura 4.27. En esta parte del programa hay varios temporizadores, uno para que siga un tiempo más en la configuración anterior de verde principal y rojo transversal, el siguiente que da un tiempo para amarillo principal y rojo transversal, otro para rojo principal y rojo transversal, configuración muy importante para prevenir accidentes, y un último en esta parte del programa que es rojo principal y verde transversal.



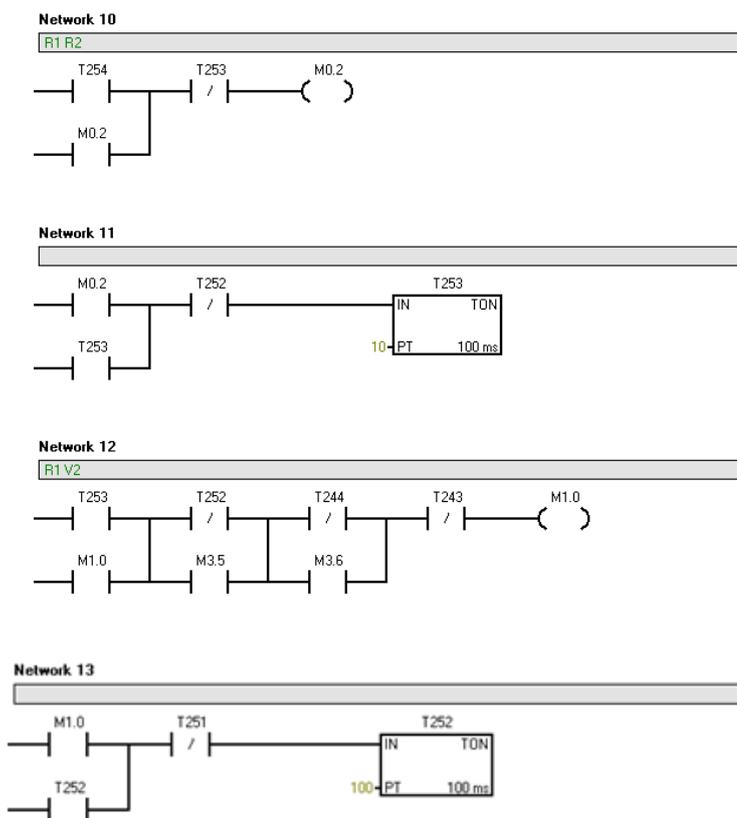


Figura 4.27

Los Networks 14 y 15 (figura 4.28) son temporizadores que al igual a los vistos anteriormente en los Networks 3 y 4 aumentan un tiempo al tiempo de la configuración rojo principal-verde transversal si han pasado un número determinado de carros por la transversal.

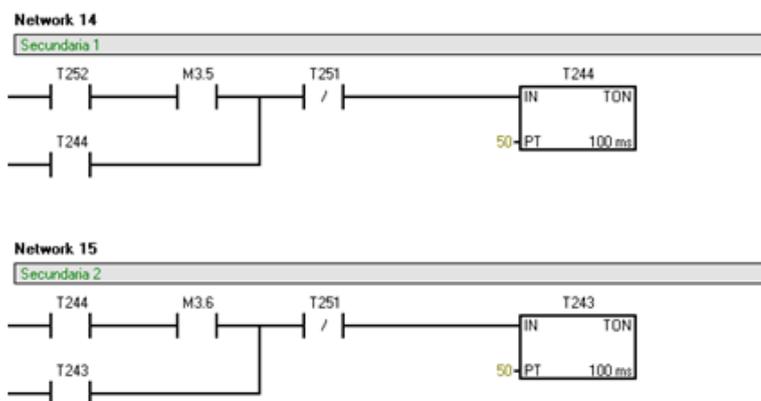


Figura 4.28

Una vez que ha transcurrido este tiempo el semáforo empieza su recorrido hasta su configuración principal, verde principal-rojo transversal, como está señalado en la figura 4.29.

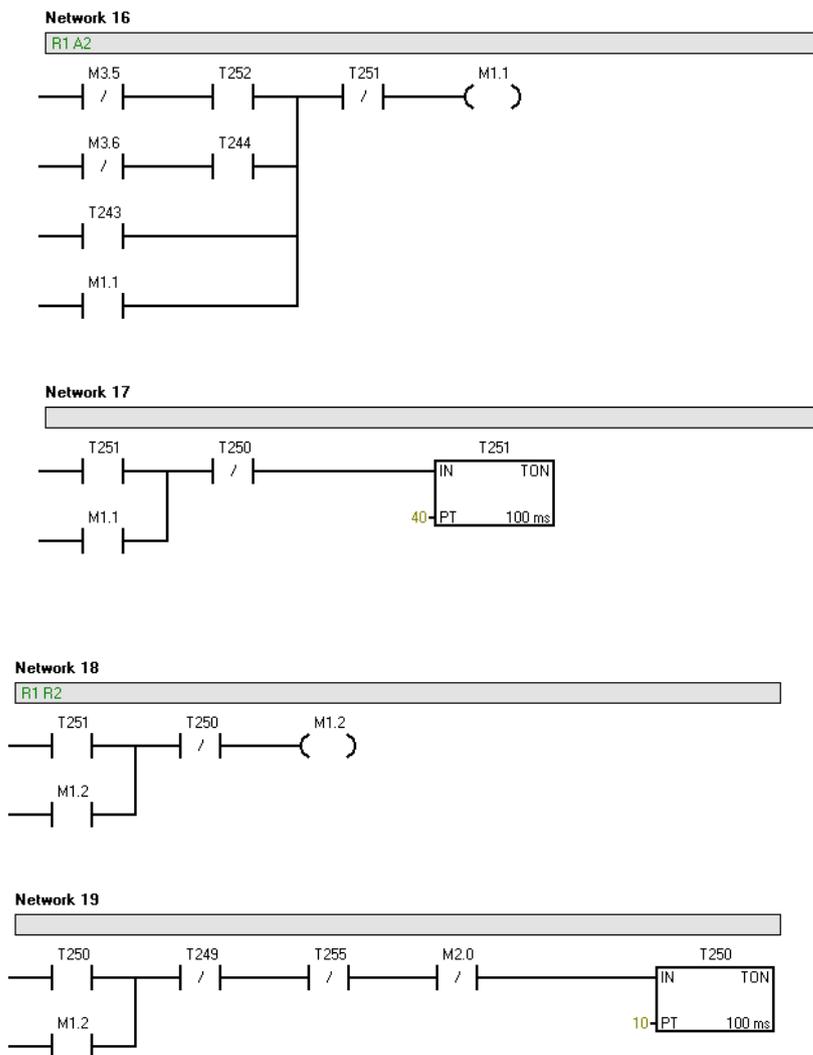


Figura 4.29

Si en el transcurso de todo este tiempo un carro se posa sobre el sensor puesto para los carros que quieren curvar, éste activa la flecha para que los carros curven una vez que pase el rojo principal-rojo transversal antes de que regrese a la configuración principal, como se puede ver en la figura 4.30. En esta parte también hay un temporizador extra que se activa si curvan un número determinado de carros.

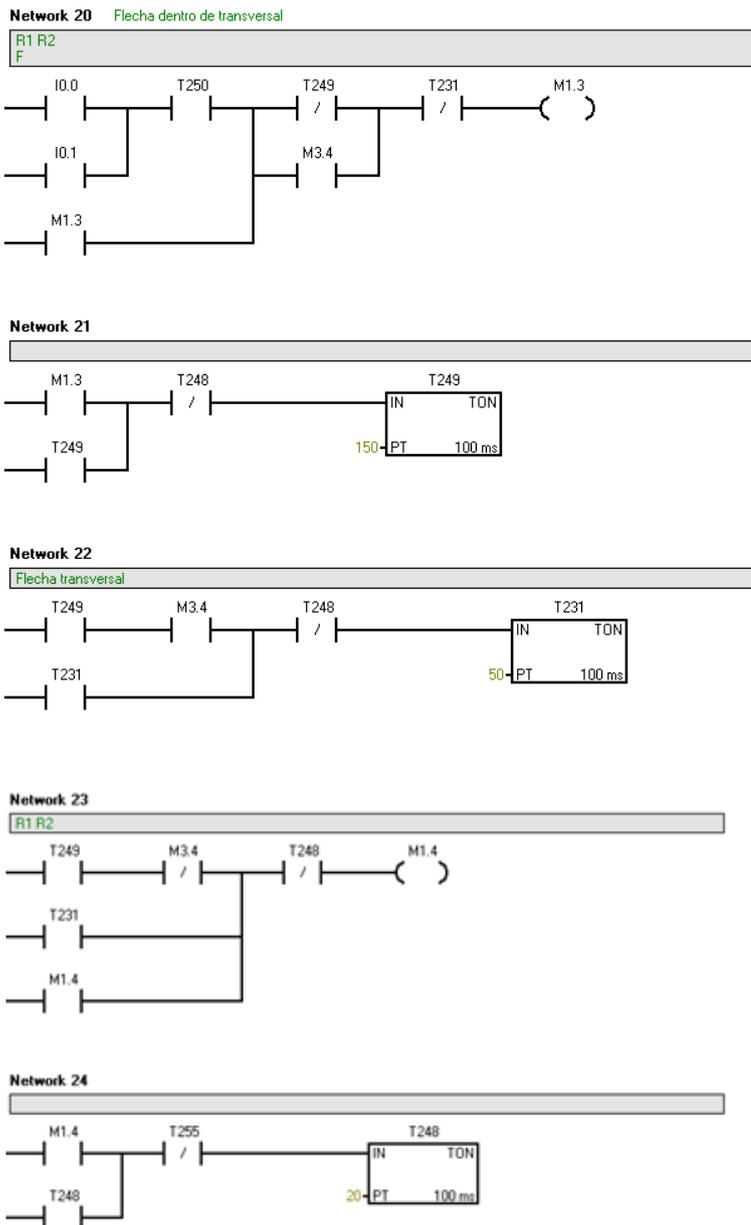
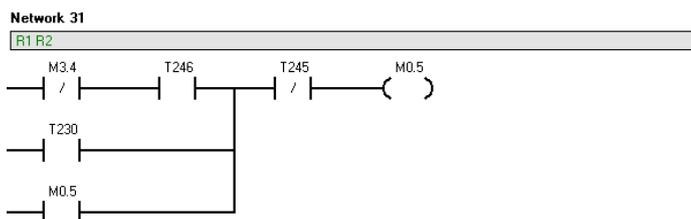
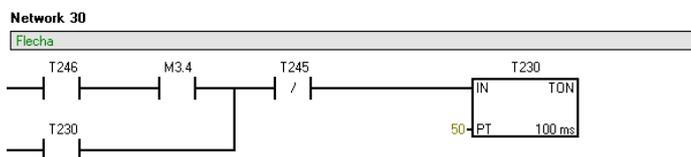
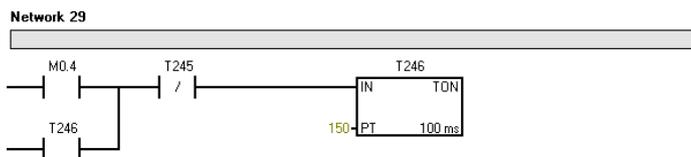
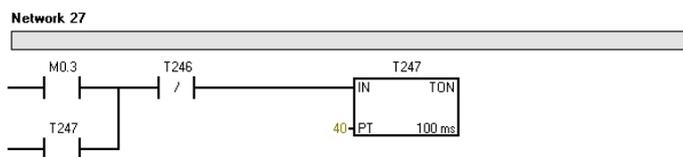
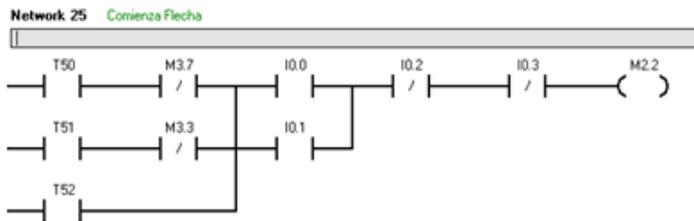


Figura 4.30

Una vez que ha pasado por todo este proceso vuelve a su configuración inicial. Si esta vez se para un carro sobre el sensor para curvar y no hay ningún carro sobre el sensor de la vía transversal, el semáforo cambia directamente para que los carros curven, que es lo que pasa en la siguiente parte del programa figura 4.31. También existe un temporizador que aumenta el tiempo que se

mantiene prendida la flecha en verde si es que pasa un número mínimo de carros.



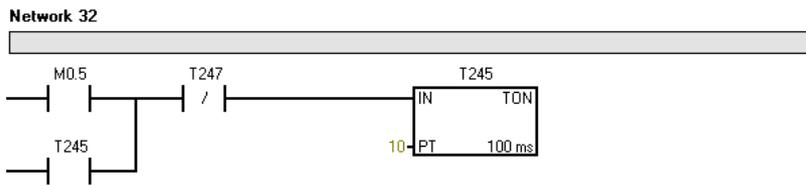
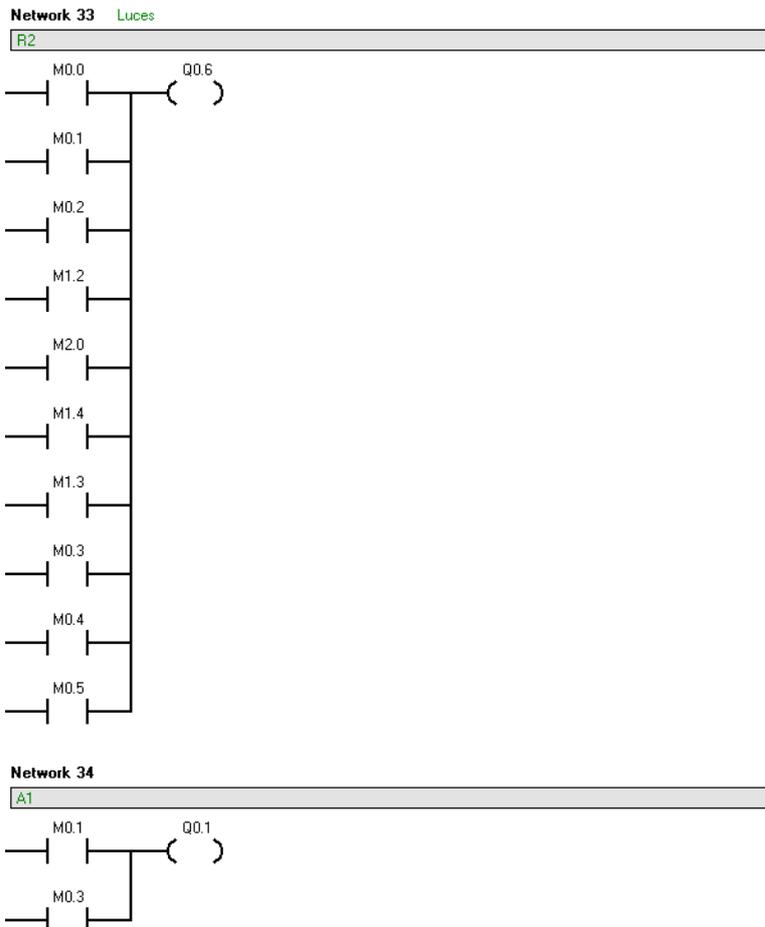


Figura 4.31

A continuación se puede observar en la figura 4.32 cuales son las acciones del programa que enciende cada luz para crear las diferentes configuraciones de los semáforos.



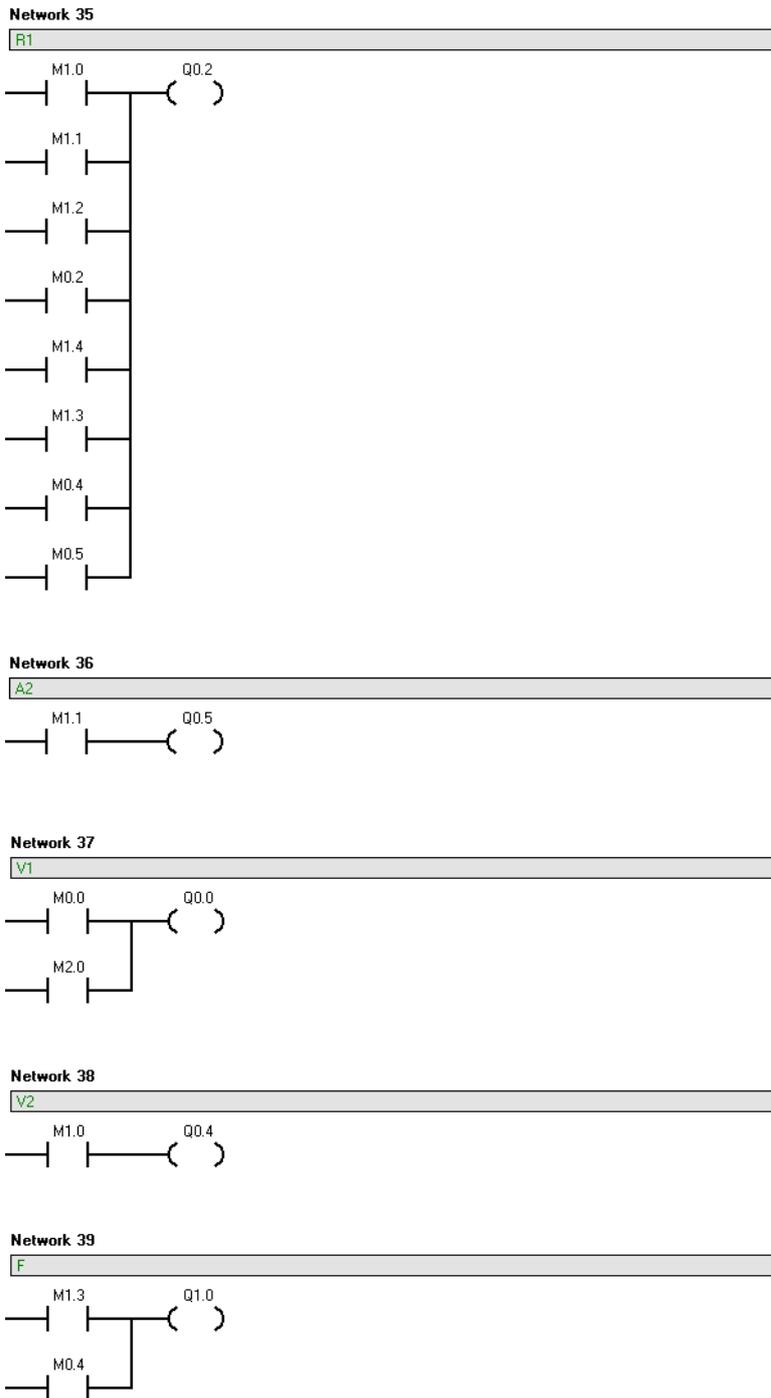
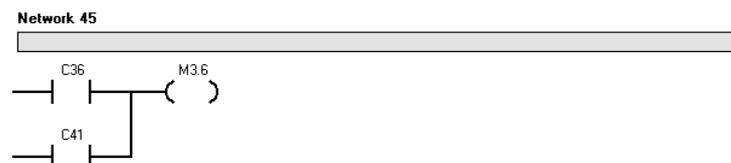
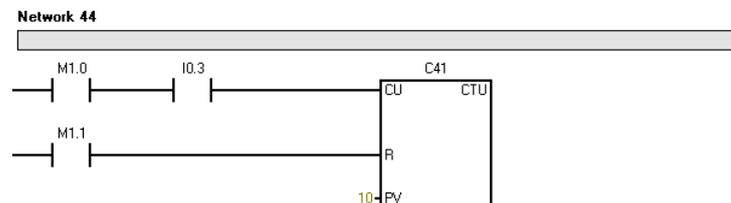
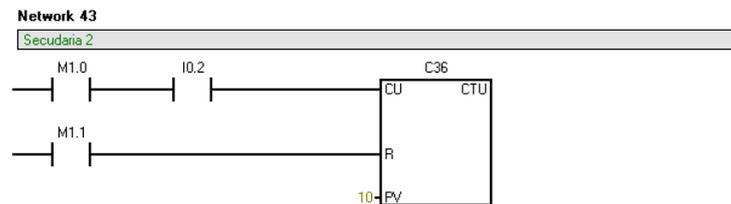
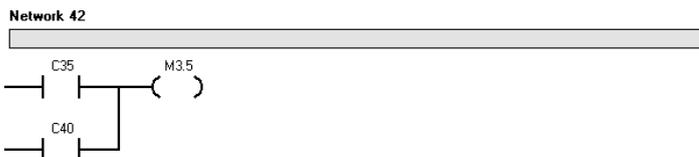
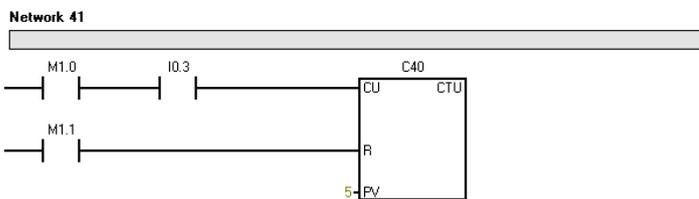
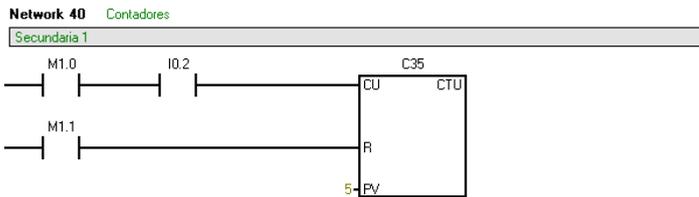


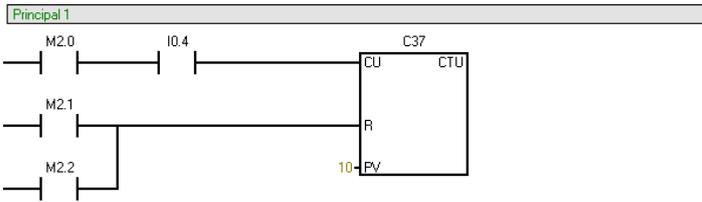
Figura 4.32

Para que los temporizadores que extienden los tiempos de las configuraciones verde principal-rojo transversal, rojo principal-verde transversal y flecha, se dijo anteriormente que era necesario que pase un número determinado de carros.

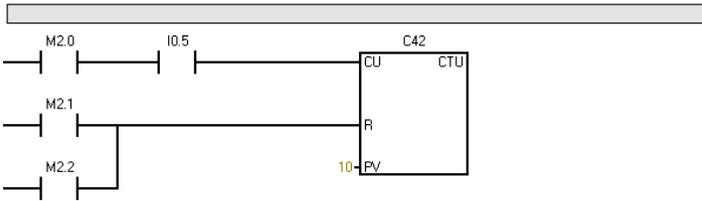
Para esto se utilizó contadores (figura 4.33) que se activan si pasa el número de carros determinado y que a su vez estos activan los temporizadores. Los contadores son encerados una vez que termina la configuración cuyo tiempo se quería alargar.



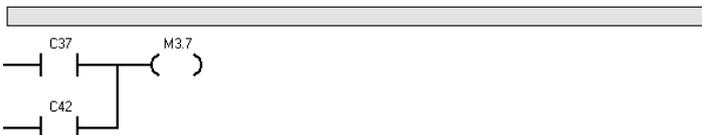
**Network 46**



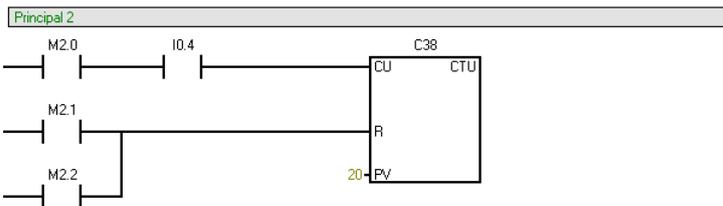
**Network 47**



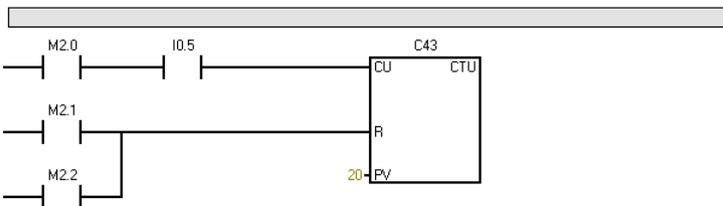
**Network 48**



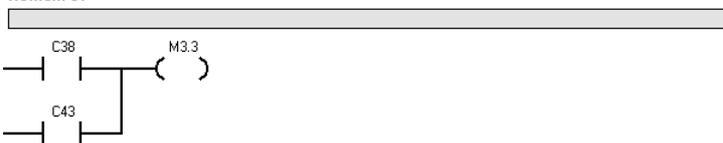
**Network 49**



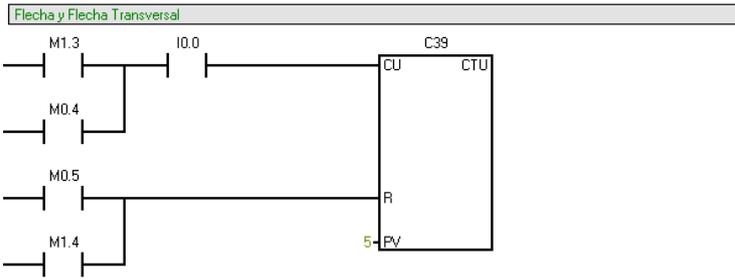
**Network 50**



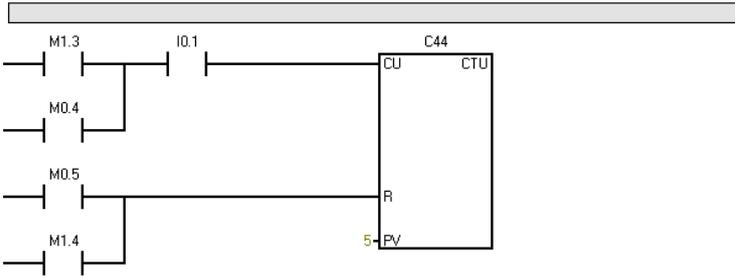
**Network 51**



**Network 52**



**Network 53**



**Network 54**

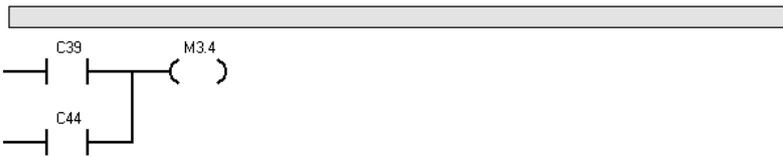


Figura 4.33

## IV. Programación PIC

### 1. Conceptos básicos

Para poder programar el PIC, hicimos uso de LD micro, que es un software libre. LD micro genera un código nativo para un microcontroladores PIC16 y Atmel AVR.

Usualmente, los software de programación de PIC usan lenguajes como assembler, Basic o C; en cambio, LD micro nos permite programar un PIC en lenguaje ladder, el cual resulta útil para las funciones que necesitamos, nos permite observar la programación como si fuese un diagrama de circuitos eléctricos, con condiciones lógicas.

Particularmente para nuestra aplicación, resulta muy útil este tipo de programación, pues es muy común para los PLC's y un objetivo de nuestro proyecto es usar un PIC como un PLC programado para una función.

LD micro, al igual que STEP7 MicroWIN, usa tres tipos de instrucciones básicas: contactores, bobinas y cajas que poseen distintas funciones, como contadores, temporizadores, adición, sustracción, etc. Las diferencias entre estos programas son que para resetear los contadores en LD micro es necesario usar la instrucción RESET, como podemos observar en la figura 4.34.

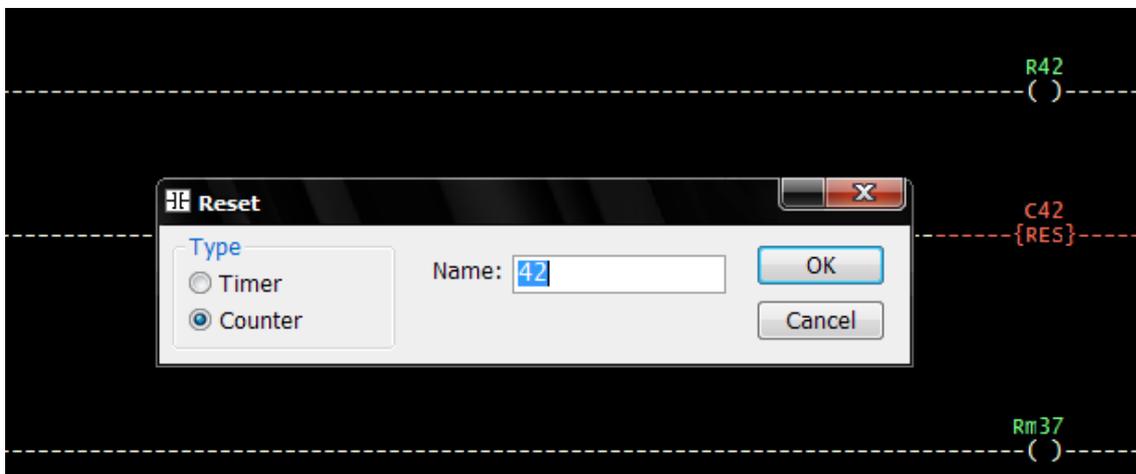


Figura 4.34

Otra diferencia está en el tiempo de los temporizadores, para LD micro, es necesario establecer el tiempo deseado en milisegundos (figura 4.35)

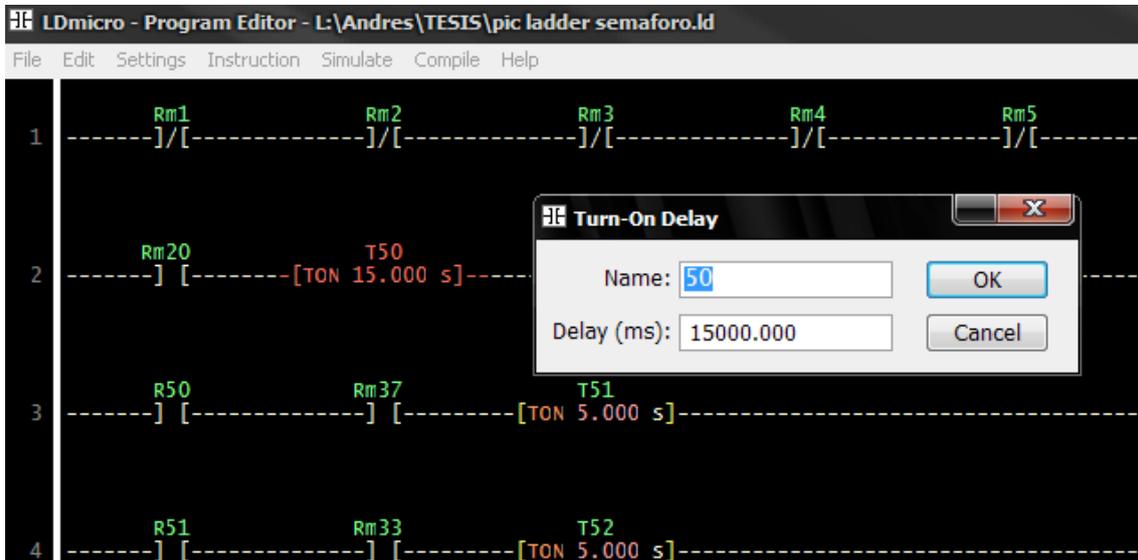


Figura 4.35

También, LD micro se diferencia porque en el uso de contactores se puede escoger fácilmente entre variables internas, entradas o salidas y si es normalmente abierto o normalmente cerrado, como en la figura 4.36; no es necesario saber cuáles son las direcciones de las memorias internas como para el PLC.

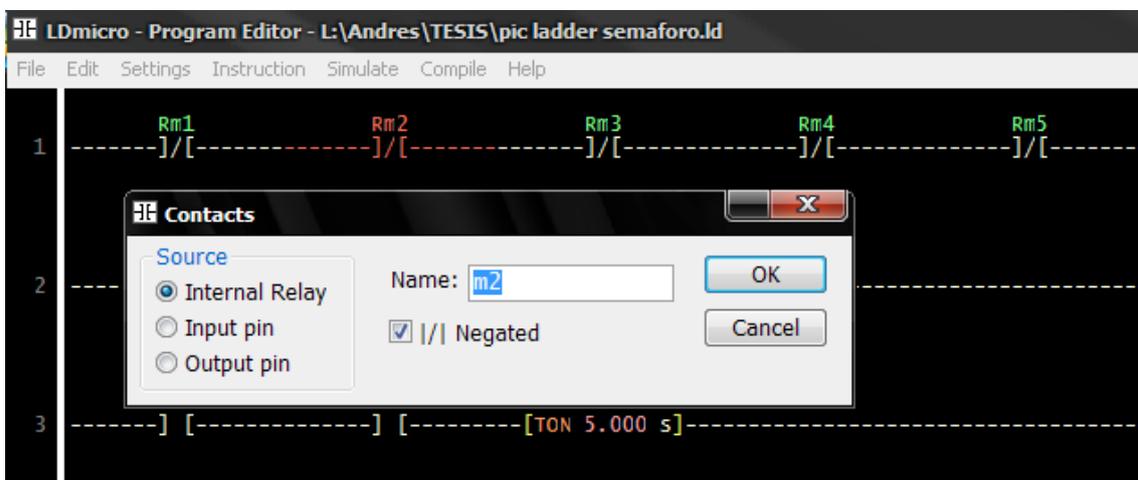


Figura 4.36

Antes de comenzar con la programación del microcontrolador es necesario seleccionar el PIC que se va a utilizar, (figura 4.37). Esto se debe a que cuando utilizamos variables de entradas o salidas, el programa nos muestra cuales son los pines disponibles de entrada y salida que hay en el PIC seleccionado (figura 4.38).

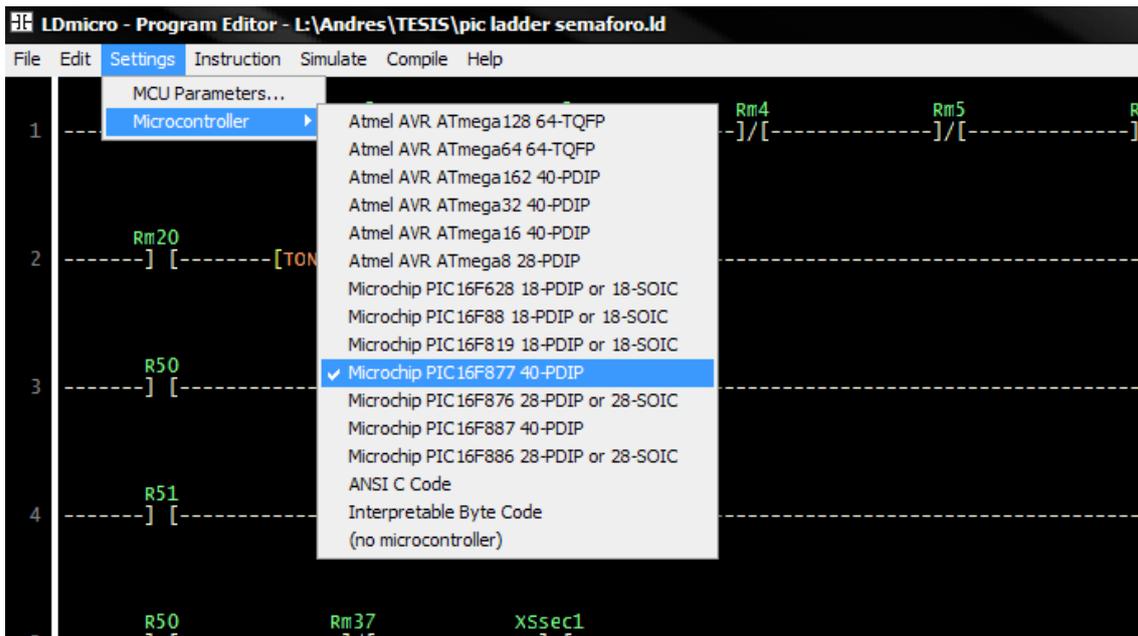


Figura 4.37

LDmicro - Program Editor - L:\Andres\TESIS\pic ladder semaforo.ld

File Edit Settings Instruction Simulate Compile Help

**I/O Pin**

Assign:

- (no pin)
- 4 RA2
- 8 RE0
- 9 RE1
- 10 RE2
- 15 RC0
- 16 RC1
- 17 RC2
- 18 RC3
- 19 RD0
- 20 RD1
- 21 RD2
- 29 RD6
- 30 RD7
- 33 RB0
- 34 RB1
- 35 RB2
- 36 RB3
- 37 RB4
- 38 RB5
- 39 RB6

OK

Cancel

Name	Type	State	Pin on Processor	MCU Port
XSflecha1	digital in		4	RA2
XSflecha2	digital in		5	RA3
XSprin1	digital in		6	RA4
XSprin2	digital in		7	RA5
XSsec1	digital in		2	RA0
XSsec2	digital in		3	RA1
YAmarillo1	digital out		27	RD4
YAmarillo2	digital out		24	RC5

Figura 4.38

También se necesita especificar el tiempo que se demora en ejecutar cada ciclo de instrucciones del programa y la frecuencia del cristal que se va a utilizar con el PIC (figura 4.39).

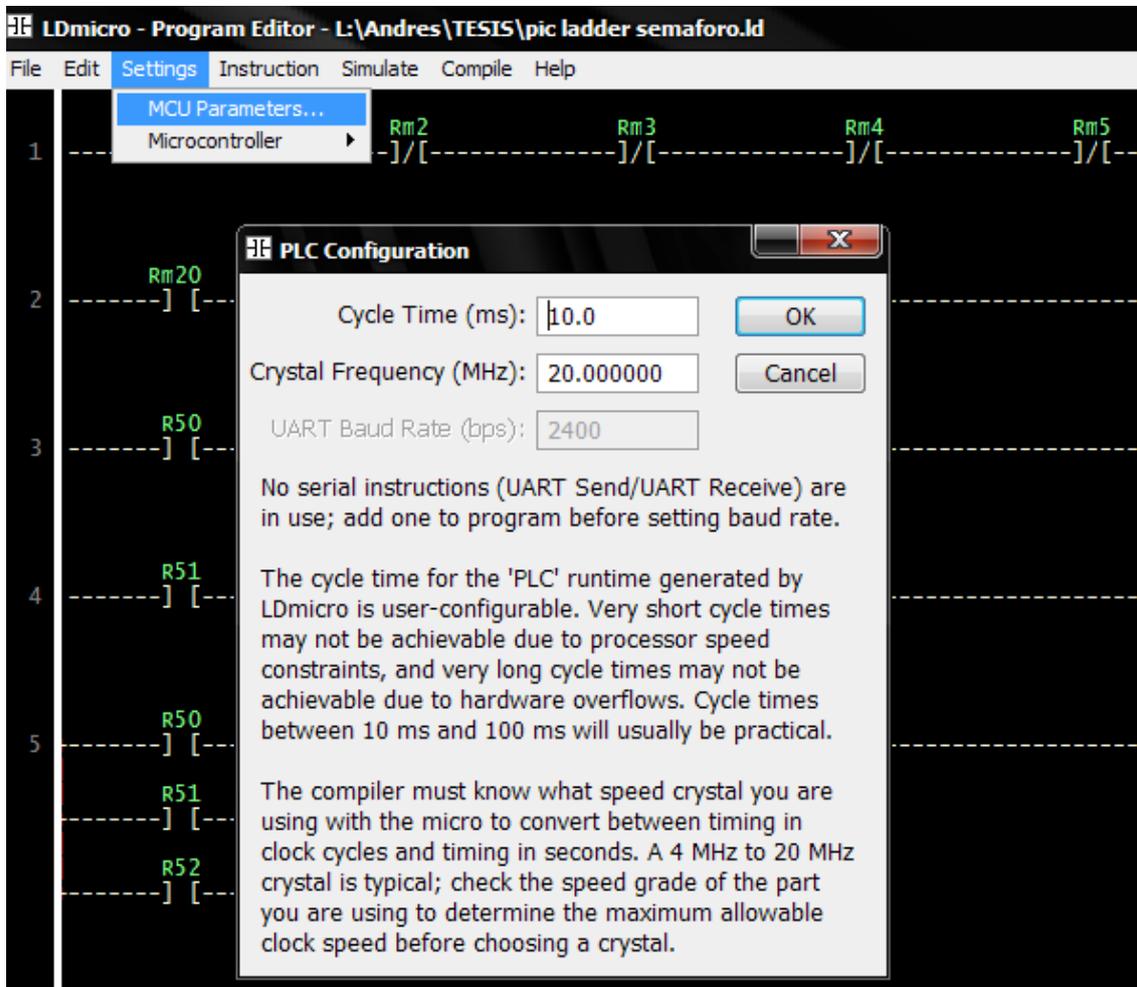


Figura 4.39

LD micro nos permite que, una vez terminado el programa del PIC, podamos simularlo en tiempo real para comprobar su correcto funcionamiento (figura 4.40).

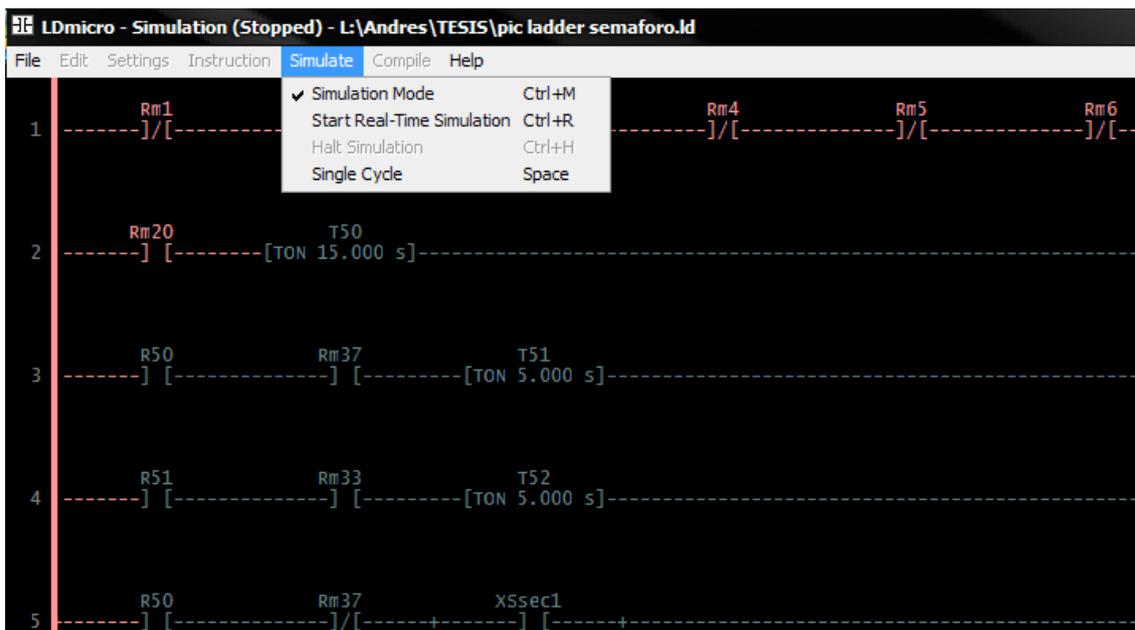
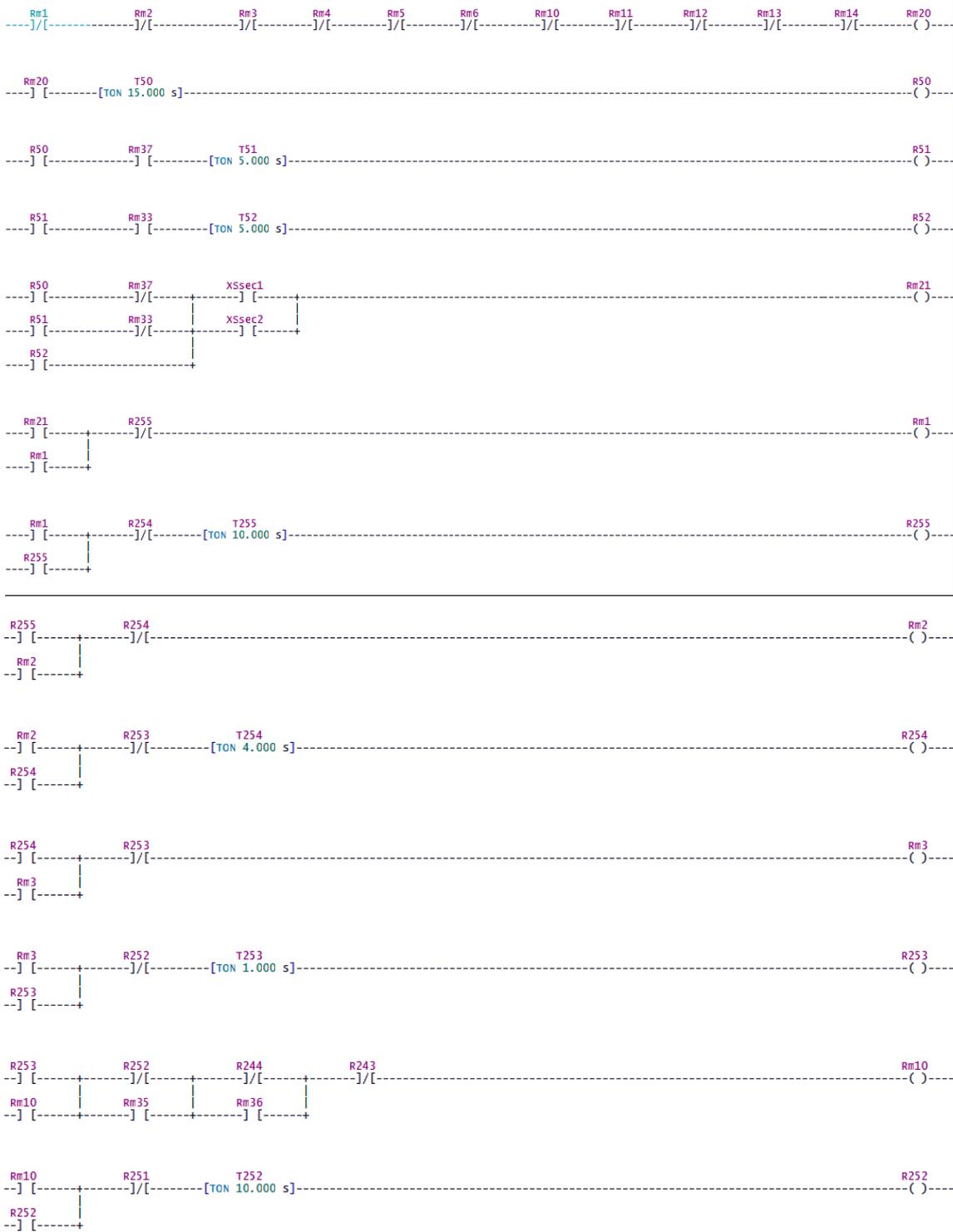
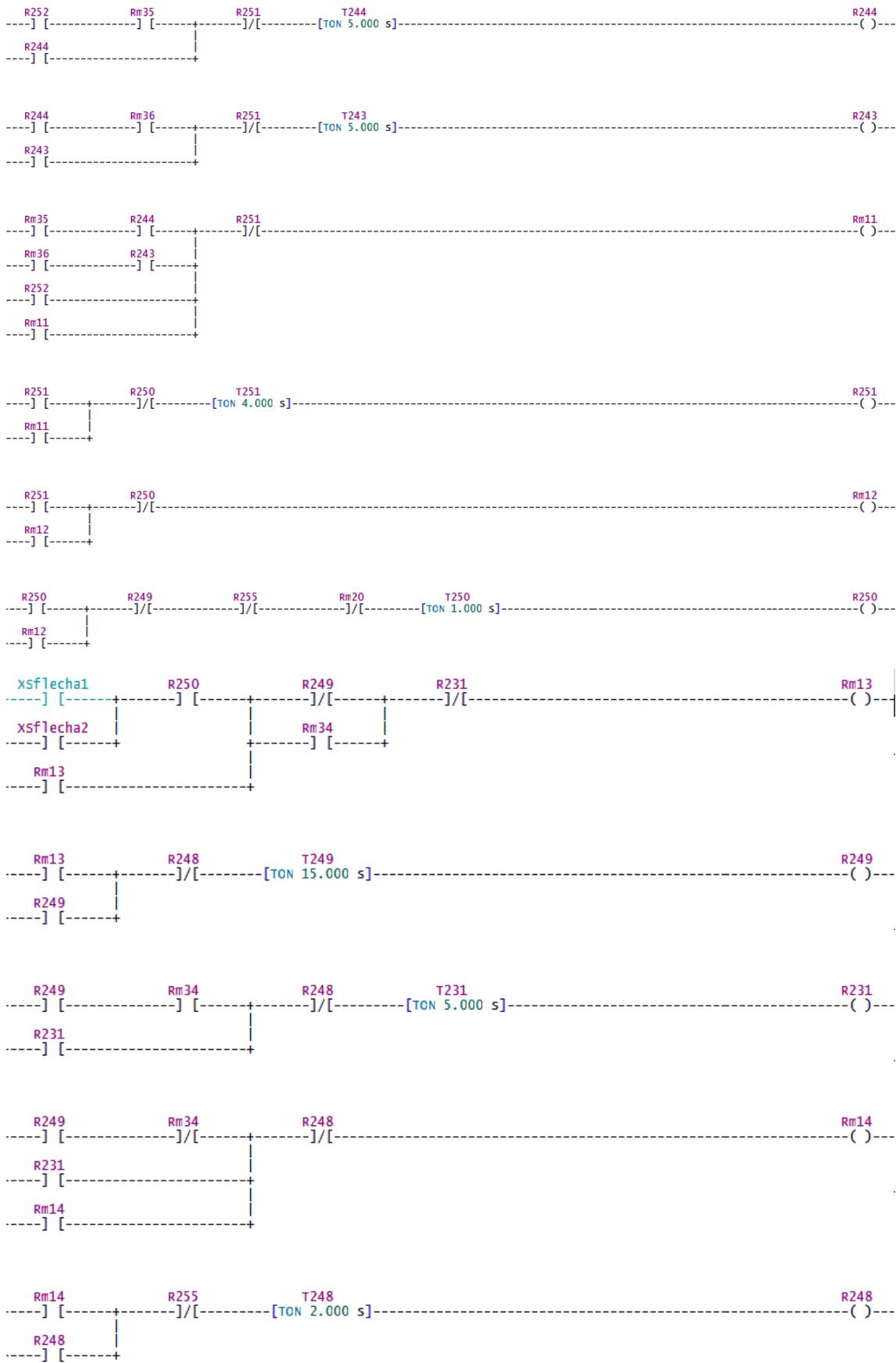


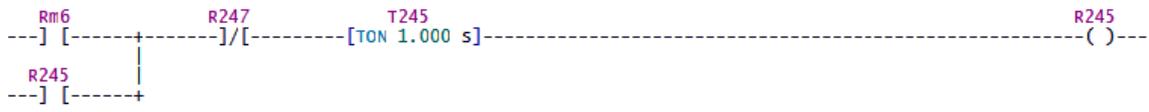
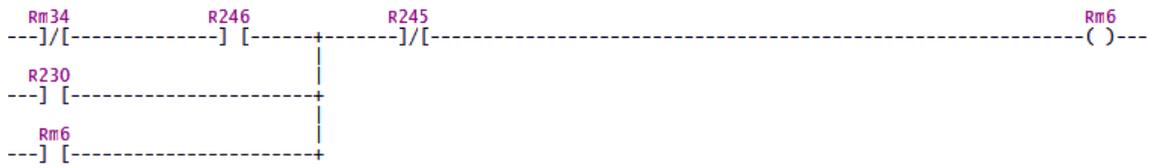
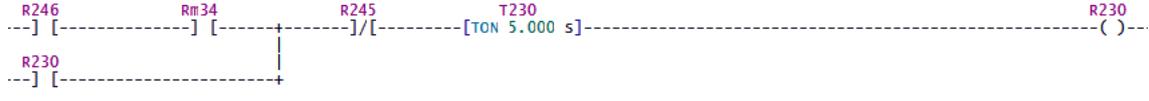
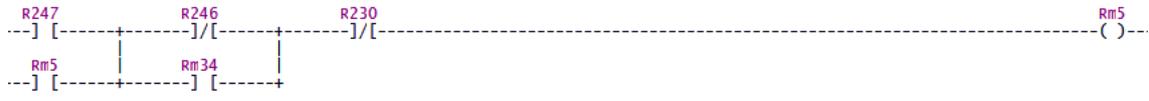
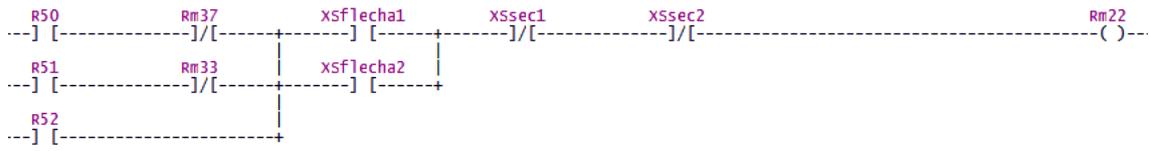
Figura 4.40

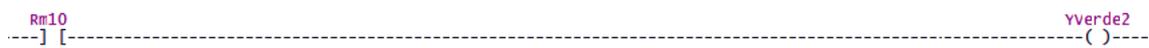
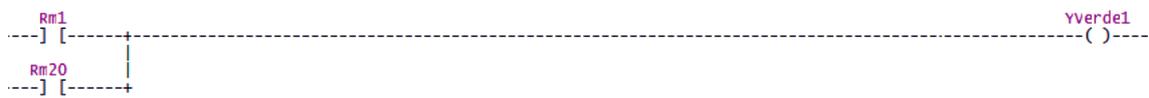
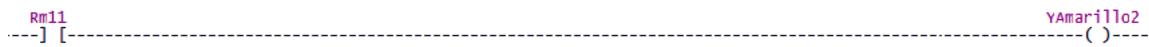
## 2. Programación de un Semáforo Inteligente

Debido a que el lenguaje de programación de ambos es de tipo ladder, los programas para el PLC y el PIC son estructuralmente los mismos, con la diferencia de que en LD micro se agregó una línea más de programación bajo cada contador para poder resetearlos. El programa se puede apreciar a continuación en la figura 4.41.









Rm13 YFlecha  
[-----] [-----] [-----]  
Rm5  
[-----] [-----]

Rm10 XSsec1 C35 R35  
[-----] [-----] [CTU >=5] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

Rm11 C35  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

Rm10 XSsec2 Rm11 C40 R40  
[-----] [-----] [-----] [-----] [CTU >=5] [-----] [-----] [-----]

Rm11 C40  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

R35 Rm35  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]  
R40  
[-----] [-----]

Rm10 XSsec1 C36 R36  
[-----] [-----] [CTU >=10] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

Rm11 C36  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

Rm10 XSsec2 C41 R41  
[-----] [-----] [CTU >=10] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

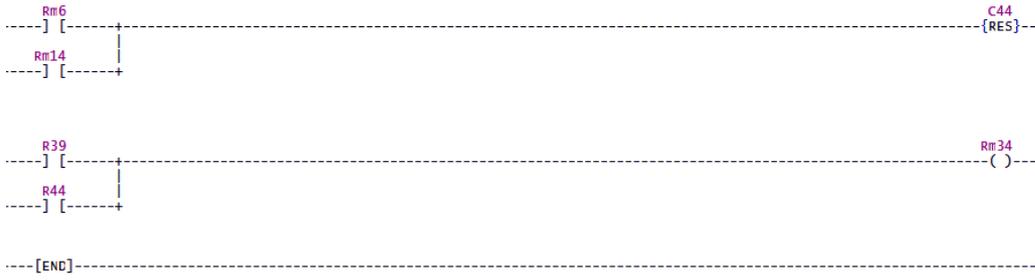
Rm11 C41  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

R36 Rm36  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]  
R41  
[-----] [-----]

Rm20 XSprin1 C37 R37  
[-----] [-----] [CTU >=10] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]

Rm21 C37  
[-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----] [-----]  
Rm22  
[-----] [-----]





Name	Type	State	Pin on Processor	MCU Port
XSflecha1	digital in		4	RA2
XSflecha2	digital in		5	RA3
XSprin1	digital in		6	RA4
XSprin2	digital in		7	RA5
XSsec1	digital in		2	RA0
XSsec2	digital in		3	RA1
YAmarillo1	digital out		27	RD4
YAmarillo2	digital out		24	RC5
YFlecha	digital out		22	RD3
YRojo1	digital out		26	RC7
YRojo2	digital out		23	RC4
YVerde1	digital out		28	RD5
YVerde2	digital out		25	RC6
R230	int. relay			
R231	int. relay			
R243	int. relay			
R244	int. relay			
R245	int. relay			
R246	int. relay			
R247	int. relay			
R248	int. relay			
R249	int. relay			
R250	int. relay			
R251	int. relay			
R252	int. relay			
R253	int. relay			
R254	int. relay			
R255	int. relay			
R35	int. relay			
R36	int. relay			
R37	int. relay			
R38	int. relay			
R39	int. relay			
R40	int. relay			
R41	int. relay			
R42	int. relay			
R43	int. relay			
R44	int. relay			
R50	int. relay			
R51	int. relay			
R52	int. relay			
Rm1	int. relay			
Rm10	int. relay			
Rm11	int. relay			
Rm12	int. relay			
Rm13	int. relay			
Rm14	int. relay			
Rm2	int. relay			
Rm20	int. relay			
Rm21	int. relay			
Rm22	int. relay			
Rm3	int. relay			
Rm33	int. relay			
Rm34	int. relay			
Rm35	int. relay			
Rm36	int. relay			
Rm37	int. relay			

Rm4	int. relay
Rm5	int. relay
Rm6	int. relay
T230	turn-on delay
T231	turn-on delay
T243	turn-on delay
T244	turn-on delay
T245	turn-on delay
T246	turn-on delay
T247	turn-on delay
T248	turn-on delay
T249	turn-on delay
T250	turn-on delay
T251	turn-on delay
T252	turn-on delay
T253	turn-on delay
T254	turn-on delay
T255	turn-on delay
T50	turn-on delay
T51	turn-on delay
T52	turn-on delay
C35	counter
C36	counter
C37	counter
C38	counter
C39	counter
C40	counter
C41	counter
C42	counter
C43	counter
C44	counter

Microchip PIC16F877 40-PDIP

cycle time 10.00 ms

processor clock 20.0000 MHz

Figura 4.41

Una vez compilado el programa, hicimos uso de Proteus, para comprobar el correcto funcionamiento de nuestro circuito de forma gráfica. Proteus es un software de diseño electrónico que nos permite no sólo colocar componentes electrónicos sino también simular un PIC con nuestro programa cargado (hardware y software) (figura 4.42).

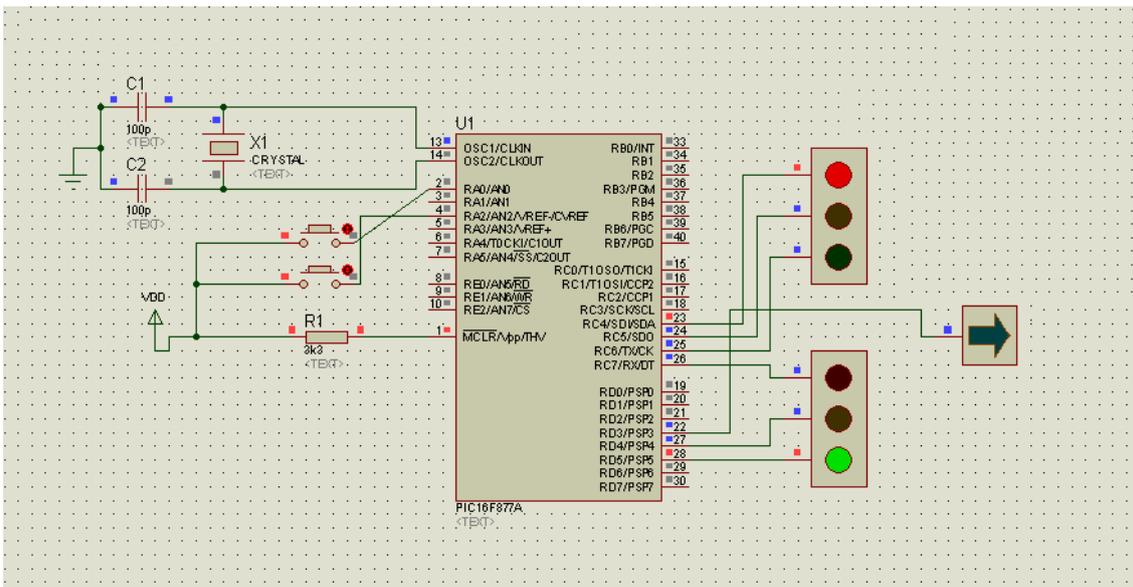


Figura 4.42

## Capítulo 5: Comparación PIC - PLC

Deseamos realizar una comparación entre la implementación con un PIC y la implementación con un PLC. Para ello, evaluaremos ventajas y desventajas, incluyendo una lista de materiales que hemos usado y el costo de los mismos.

### I. Costos.

Los elementos externos son comunes para ambos sistemas de control, puesto que cualquiera de los dos sistemas de control puede ser implementado independientemente y adicionalmente al semáforo ya instalado. Los elementos internos son bastante más pequeños, pero es necesario tomar en cuenta que son menos robustos.

#### 1. Común.

A pesar de que los semáforos no constituyen un costo para nosotros, puesto que ya están instalados, incluimos una lista de precios de elementos necesarios para la implementación de los mismos (Tabla 5.1). Se hizo la revisión de estos elementos en el capítulo 2. V. 1.

Elemento	Costo
Canastilla de columna	\$ 26,50
Canastilla de báculo	\$ 49,50
Columna vehicular	\$ 140,00

Columna de semáforo peatonal	\$ 140,00
Báculo	\$ 590,00
Bajante de báculo	\$ 39,00
Extensión de báculo de 2 metros	\$ 70,00
Soporte simple	\$ 63,20
Soporte doble	\$ 26,72
Semáforo LED 3/200	\$ 390,00
Semáforo LED 3/200 + giro	\$ 390,00
Semáforo LED 1/300 2/200	\$ 420,00
Semáforo LED 1/300 2/200 + giro	\$ 400,00
Semáforo peatonal animado	\$ 390,00
Sensor inductivo de bucle	\$ 200,00
Fuente 5VDC	\$ 22,00

Tabla 5.1 (Costos de elementos comunes)

## 2. PLC

Para la parte de control de un semáforo inteligente utilizando un PLC, los elementos usados son pocos (Tabla 5.3) y pueden ser menos dependiendo del PLC.

<b>Elemento</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
PLC Siemens CPU226	\$ 500,00	1	\$ 500,00
Relé 5VDC 5 patas	\$ 1,00	13	\$ 13,00
Diodo 1n4007	\$ 0,10	6	\$ 0,60
Transistor TIP41C	\$ 0,40	6	\$ 2,40
Otros (proto, baquelita, papel, cable)	\$ 20,00	1	\$ 20,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 536,00</b>

Tabla 5.2 (Costos de elementos usados para el PLC)

## 3. PIC

Para la parte del proyecto en la que se usa un microcontrolador, se ha obtenido una lista de los elementos utilizados (Tabla 5.2). En esta lista están los elementos que para el circuito del PIC y para el programador.

<b>Elemento</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo</b>
PIC 16F877a	\$ 10,00	1	\$ 10,00
Cristal 20 MHz	\$ 0,50	1	\$ 0,50
Capacitor 22pF	\$ 0,10	2	\$ 0,20
Relé 5VDC 5 patas	\$ 1,00	7	\$ 7,00
Diodo 1n4007	\$ 0,10	16	\$ 1,60
Resistencia	\$ 0,10	10	\$ 1,00
Transistor 2n3904	\$ 0,10	2	\$ 0,20
Transistor TIP41C	\$ 0,40	7	\$ 2,80
Otros (proto, baquelita, papel, cable)	\$ 25,00	1	\$ 25,00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 48,30</b>

Tabla 5.3 (Costos de elementos usados para el PIC)

## II. Ventajas y Desventajas.

A partir de los costos de los elementos que se usan para implementar cada uno de los sistemas de control, se puede ver claramente una diferencia. El costo de un PLC es bastante alto, sin embargo, la funcionalidad es bastante mayor.

El sistema de control con el PLC es mucho más fiable que el del PIC, posee menos elementos electrónicos que se pueden dañar fácilmente, es decir, es más robusto, muy importante para las condiciones de trabajo. Cuando es necesario aumentar entradas o salidas, se pueden comprar módulos, conectarlos fácilmente y programarlos. A diferencia del PIC, para el cual es necesario diseñar nuevamente toda la placa y añadir muchos elementos electrónicos; además de que la cantidad de entradas y salidas es mucho más limitada.

Cuando se trata de utilizar un PIC, es necesario tener una sólida base de conocimientos de circuitos electrónicos para poder asegurar un correcto funcionamiento del microcontrolador, a través de un diseño adecuado.

Para un proceso de bajo presupuesto y de poco riesgo resulta muy cómodo usar un controlador PIC.

La diferencia de costos es bastante grande, es aproximadamente 5 veces mayor el costo de los elementos del sistema de control con un PLC que con un PIC. Sin embargo, es importante tomar en cuenta el medio donde será implementado, la función que va a cumplir, el tiempo de trabajo y muchos otros factores para poder escoger la mejor opción de controlador lógico.

## Capítulo 6: Conclusión

Quito crece demográficamente al 3%, y dentro del Distrito Metropolitano se ha venido experimentando un crecimiento sostenido del parque vehicular del 7,3% anual desde el año 2001. Esto nos lleva a analizar seriamente nuestros problemas de tránsito vehicular.

Es importante analizar muchas alternativas para tratar de dar solución o, por lo menos, alivio a estos inconvenientes que nosotros mismos causamos. Debemos tomar conciencia de las consecuencias que podrían resultar a no muy largo plazo de lo que estamos haciendo.

Un semáforo inteligente sería una alternativa muy beneficiosa para mejorar el flujo vehicular, puesto que reacciona rápidamente a la situación inmediata de su entorno. Los sensores nos entregan información que ocurre casi al mismo tiempo que se toman las decisiones en el controlador, es decir, el sistema trabaja en tiempo real.

Tomando en cuenta las características de nuestra ciudad, la cual se extiende longitudinalmente de norte a sur, muchas de las avenidas principales están construidas en el mismo sentido, norte sur. Por ello, las condiciones del proyecto se basan en una intersección que tiene las diferentes situaciones que se pueden encontrar comúnmente, una vía principal, una secundaria y un carril exclusivo para virar. El semáforo inteligente diseñado administra el tránsito vehicular sobre esa intersección, tiene los tres colores de luces y una flecha para la vía principal y los tres colores de luces para la vía secundaria.

Han sido usados los sensores de tipo inductivo, debido a que detectan únicamente metales, tienen un costo razonable y son muy fiables. Los sensores que serían implementados en un sistema real son inductivos tipo bucle magnético, cuyas características de funcionamiento son similares a las de los sensores del prototipo construido.

A pesar de una gran diferencia de costos entre los dos sistemas que hemos usado para el control del semáforo, la función que hemos asignado a ambos es básicamente la misma, pero hay muchos otros factores para tomar en cuenta en el momento de implementación, como el medio en el cual se desea implementar, otras funciones que se quieren asignar, las condiciones y el tiempo en el cual va a funcionar y futuras optimizaciones tecnológicas de los elementos externos, distintos tipos de sensores y posibles cambios en la tecnología aplicada a los semáforos.

Si la gente está consciente de cómo funcionan los semáforos inteligentes, por lo menos de una manera básica, podrán adecuar su comportamiento para que el sistema cumpla con su función de una mejor manera. El diseño del sistema toma en cuenta muchas variables que dependen exclusivamente del comportamiento humano, sin embargo, algunas acciones deliberadas de la gente pueden resultar en un mal uso del sistema o una interrupción en su correcto funcionamiento.

El problema de tráfico vehicular no compete sólo a las autoridades, sino a todos nosotros, es un problema social del cual debemos tomar conciencia y poner de parte, puesto que nos afecta a todos y si no cedemos individualmente, un día resultará inútil intentar buscar soluciones externas.

## Bibliografía

- [1] *Tránsito y Contaminación En Quito, Ecuador* [en línea].  
<http://contaminacionmundial.wordpress.com/2009/05/04/transito-y-contaminacion-en-quito-ecuador/> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [2] *Quito* [en línea]. <http://es.wikipedia.org/wiki/Quito> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [3] *Evolución de la Mancha Urbana de Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_2\\_suelo\\_urbano/mapas/mapa\\_2\\_1\\_1.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_2_suelo_urbano/mapas/mapa_2_1_1.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [4] *La evolución de la mancha urbana (1760-1987)* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_2\\_suelo\\_urbano/9\\_2\\_1\\_1.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_2_suelo_urbano/9_2_1_1.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [5] *Repartición de la Población de día de Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_4\\_poblacion\\_y\\_vivienda/mapas/mapa\\_4\\_4\\_1.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_4_poblacion_y_vivienda/mapas/mapa_4_4_1.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [6] *Repartición de la población de día en Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_4\\_poblacion\\_y\\_vivienda/9\\_4\\_4\\_1.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_4_poblacion_y_vivienda/9_4_4_1.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [7] *Repartición de la población residente (o de noche) en Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_4\\_poblacion\\_y\\_vivienda/mapas/mapa\\_4\\_5\\_1.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_4_poblacion_y_vivienda/mapas/mapa_4_5_1.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [8] *Repartición de la población residente (o de noche) en Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_4\\_poblacion\\_y\\_vivienda/9\\_4\\_5\\_1.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_4_poblacion_y_vivienda/9_4_5_1.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]

- [9] *Principales barreras físicas en la aglomeración de Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/mapas/mapa\\_10\\_1\\_1\\_peq.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/mapas/mapa_10_1_1_peq.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [10] *Principales barreras físicas en la aglomeración de Quito* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/9\\_10\\_1\\_1.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/9_10_1_1.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [11] *Red vial metropolitana* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/mapas/mapa\\_10\\_2\\_1.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/mapas/mapa_10_2_1.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [12] *Red vial metropolitana* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/9\\_10\\_2\\_1.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/9_10_2_1.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [13] *Infraestructuras viales y equipamientos del transporte* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/mapas/mapa\\_10\\_2\\_2.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/mapas/mapa_10_2_2.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [14] *Infraestructuras viales y equipamientos del transporte* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/9\\_10\\_2\\_2.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/9_10_2_2.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [15] *Estructura del transporte colectivo y volúmenes vehiculares diarios en los ejes viales principales* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/mapas/mapa\\_10\\_2\\_3.jpg](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/mapas/mapa_10_2_3.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [16] *Estructura del transporte colectivo y volúmenes vehiculares diarios en los ejes viales principales* [en línea].  
[http://www4.quito.gov.ec/spirales/9\\_mapas\\_tematicos/9\\_10\\_movilidad/9\\_10\\_2\\_3.html](http://www4.quito.gov.ec/spirales/9_mapas_tematicos/9_10_movilidad/9_10_2_3.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]

- [17] *Alimentadores* [en línea].  
[http://www.emsat.gov.ec/ZU\\_alimentadores.html](http://www.emsat.gov.ec/ZU_alimentadores.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [18] *Transporte Urbano* [en línea].  
[http://www.emsat.gov.ec/ZU\\_urbanos.html](http://www.emsat.gov.ec/ZU_urbanos.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [19] *Transporte Interparroquial* [en línea].  
[http://www.emsat.gov.ec/ZU\\_interparroquiales.html](http://www.emsat.gov.ec/ZU_interparroquiales.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [20] *Taxis* [en línea]. [http://www.emsat.gov.ec/ZU\\_taxis.html](http://www.emsat.gov.ec/ZU_taxis.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [21] *Quito concentra el 45% del parque automotor del país* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=1261](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=1261)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [22] *Alcalde Barrera explicó plan de vialidad a varios sectores sociales* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=1204](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=1204)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [23] *Los Contraflujos generan polémica* [en línea].  
<http://www4.elcomercio.com/2010-03-09/Noticias/Quito/Noticia-Principal/EC100309P13CONTRAFLUJOS.aspx> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [24] *Municipio retiró 42.000 vehículos en operativos de control por mal estacionamiento* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=1253](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=1253)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]

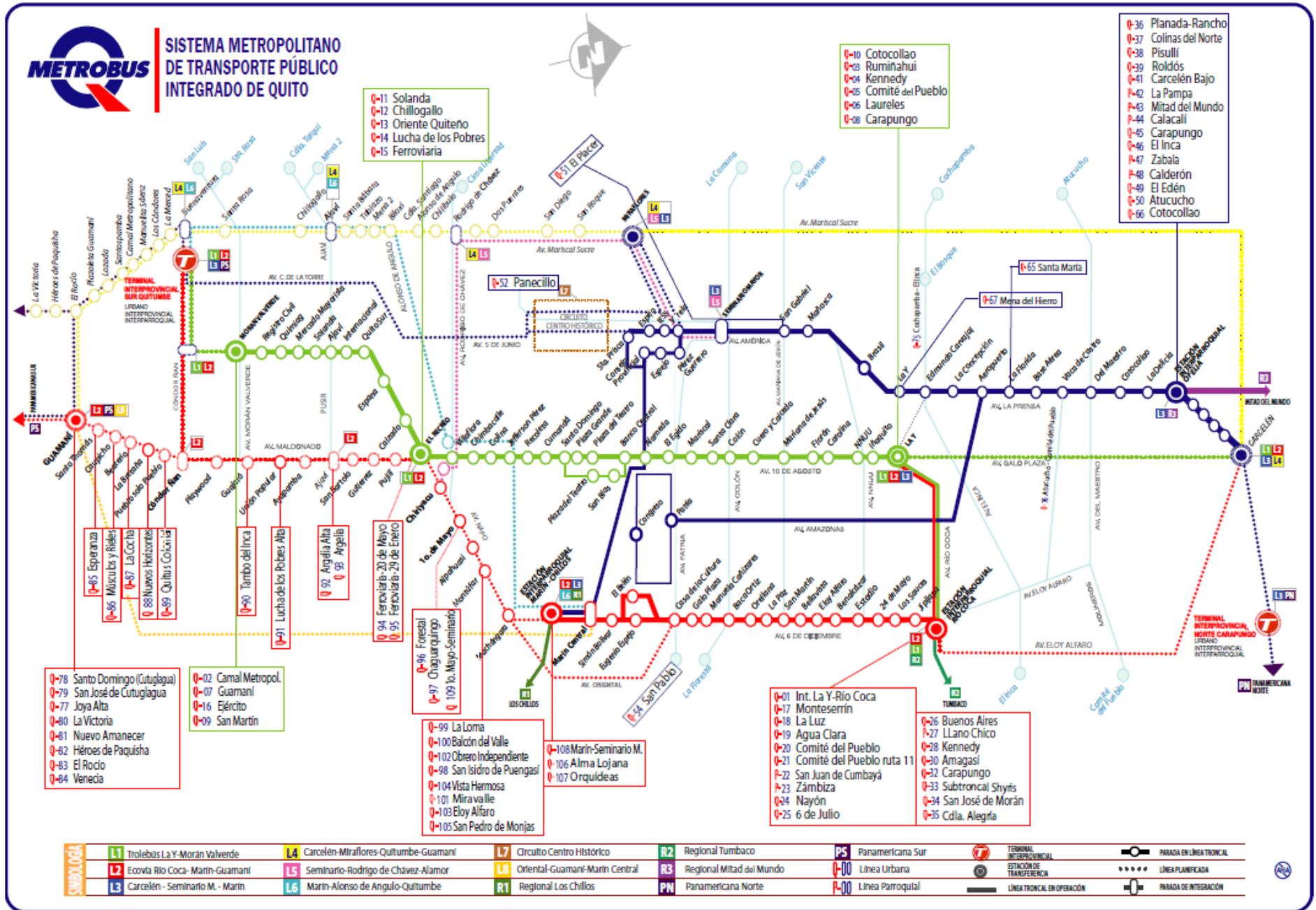
- [25] *Nueva zona azul logra descongestionar parcialmente el tráfico* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=1168](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=1168)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [26] *Bushaltestelle* [en línea].  
[http://3.bp.blogspot.com/\\_kcMo0OAwzo8/SZbj2Zj53HI/AAAAAAAAABWA/G6GV4U-4pMs/s1600-h/An-der-Bushaltestelle.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_kcMo0OAwzo8/SZbj2Zj53HI/AAAAAAAAABWA/G6GV4U-4pMs/s1600-h/An-der-Bushaltestelle.jpg) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [27] *Municipio impulsa un nuevo modelo de Movilidad Inteligente para Quito* [en línea]. <http://www.quito.gov.ec/la-ciudad/pico-y-placa-modelo.html> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [28] *Crece aceptación al Pico y Placa* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=1185](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=1185)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [29] *Pico y Placa* [en línea]. <http://www4.elcomercio.com/Pico-y-Placa/Pico-y-placa.aspx> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [30] *Sistema de semaforización inteligente se instalará en Quito* [en línea].  
[http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle\\_noticia.asp?id=879](http://www.patiodeautos.com/patio2009/detalle_noticia.asp?id=879)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [31] *SICE, una compañía con valor añadido* [en línea].  
<http://www.sice.com/sice/acerca/portada.html> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [32] *Relés / electroimanes* [en línea]. [http://www.simbologia-electronica.com/index.htm?url=/simbolos\\_electronicos/reles.htm](http://www.simbologia-electronica.com/index.htm?url=/simbolos_electronicos/reles.htm)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]

- [33] *El relé* [en línea]. <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.php> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [34] *Circuitos de aplicación con relés* [en línea]. <http://todohard.awardspace.com/ctos/rele/> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [35] *Relé, Relay - Relevador* [en línea]. [http://www.unicrom.com/Tut\\_relay.asp](http://www.unicrom.com/Tut_relay.asp) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [36] *Mini 5V DC Power Relay SRD-5VDC-SL-C SONGLE* [en línea]. [http://www.satistronics.com/mini-5v-dc-power-relay-srd5vdcslc-songle\\_p2159.html](http://www.satistronics.com/mini-5v-dc-power-relay-srd5vdcslc-songle_p2159.html) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [37] *El transistor* [en línea]. <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-transistor.php> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [38] *Definición de Transistor* [en línea]. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/transistor.php> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [39] *Transistor bipolar o BJT* [en línea]. [http://www.unicrom.com/Tut\\_transistor\\_bipolar.asp](http://www.unicrom.com/Tut_transistor_bipolar.asp) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [40] *TIP41C* [en línea]. <http://www.fairchildsemi.com/ds/TI/TIP41C.pdf> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [41] *Relés 1* [en línea]. [http://www.simbologia-electronica.com/imagenes/hojas\\_gif/Gif/reles1.gif](http://www.simbologia-electronica.com/imagenes/hojas_gif/Gif/reles1.gif) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [42] *Relés 2* [en línea]. [http://www.simbologia-electronica.com/imagenes/hojas\\_gif/Gif/reles2.gif](http://www.simbologia-electronica.com/imagenes/hojas_gif/Gif/reles2.gif) [Consulta: 25 de octubre del 2010]

- [43] *Intersecciones* [en línea].  
<http://www.estudiosdetransito.ucv.cl/intersec.htm> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [44] *Development boards and tools* [en línea].  
<http://www.olimex.com/dev> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [45] *Pieza de fijación de motores Pololu* [en línea].  
[http://www.msebilbao.com/tienda/product\\_info.php?products\\_id=624&osCsid=b090add787d3f813b99307fb65f2b194](http://www.msebilbao.com/tienda/product_info.php?products_id=624&osCsid=b090add787d3f813b99307fb65f2b194) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [46] *Tutorial Microcontroladores PIC* [en línea].  
[http://www2.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial\\_pic.pdf](http://www2.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf) [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [47] *Sistema Metropolitano de Transporte Público Integrado de Quito* [en línea]. <http://www.emsat.gov.ec/pdf/RED%20METROBUS-Q%20OCTUBRE%202006%20pgdt.pdf> [Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [48] *Qué es un sensor* [en línea].  
[http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens\\_transduct/que\\_es.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/sens_transduct/que_es.htm)  
[Consulta: 25 de octubre del 2010]
- [49] *Sensor Inductivo* [en línea].  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_inductivo](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_inductivo) [Consulta: 25 de octubre del 2010]

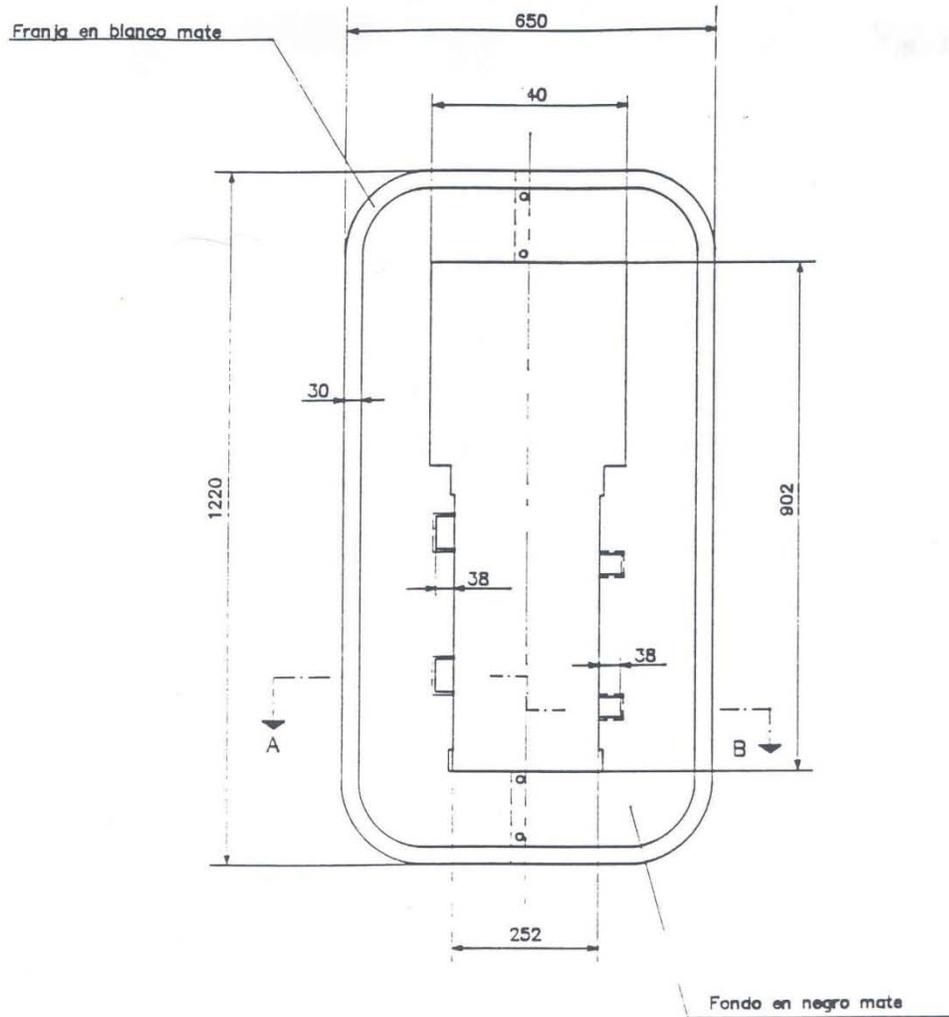
# Anexos

## ANEXO I:



**ANEXO II:**

**Pantallas de Contraste 1/300 + 2/200**

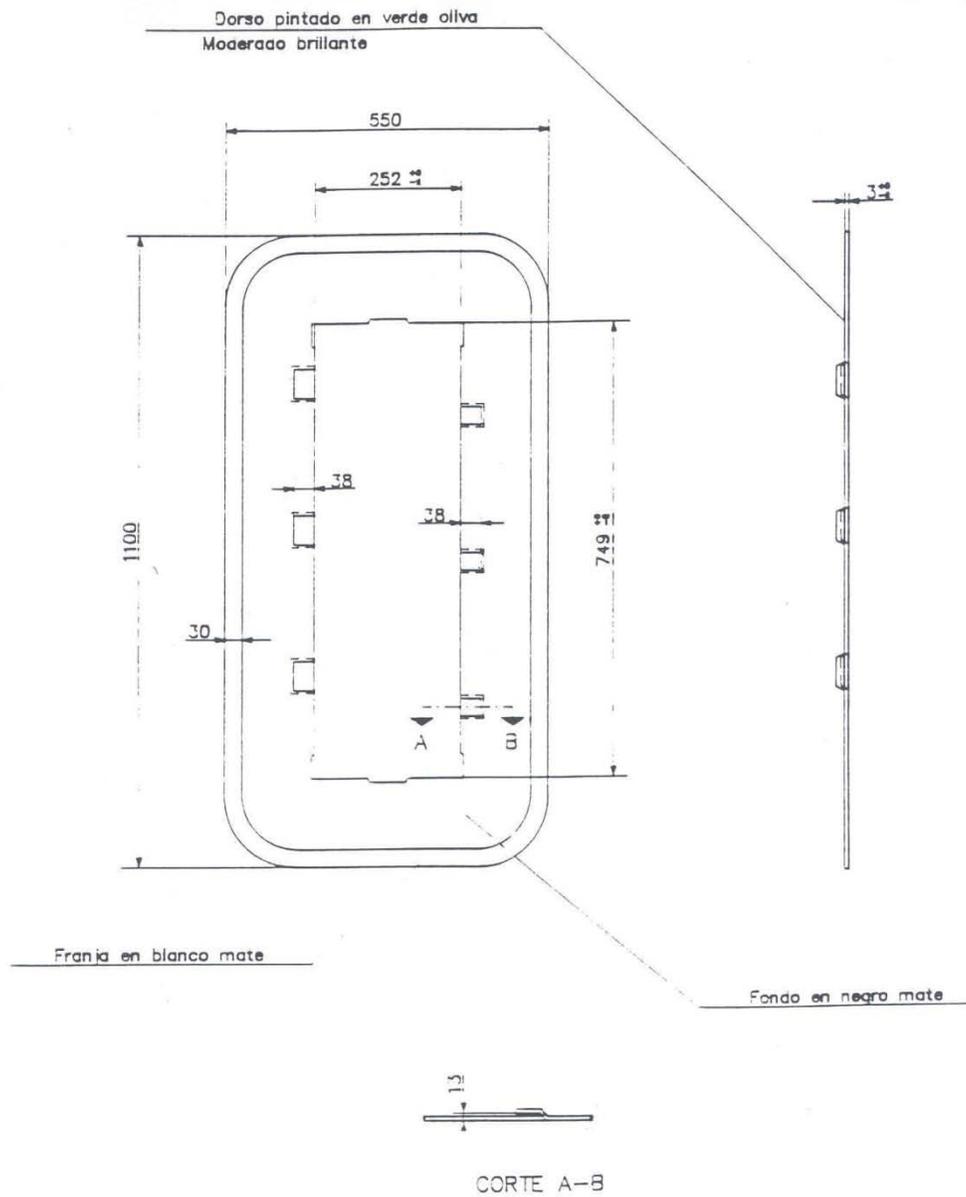


Dorso pintado en verde  
oliva moderado brillante

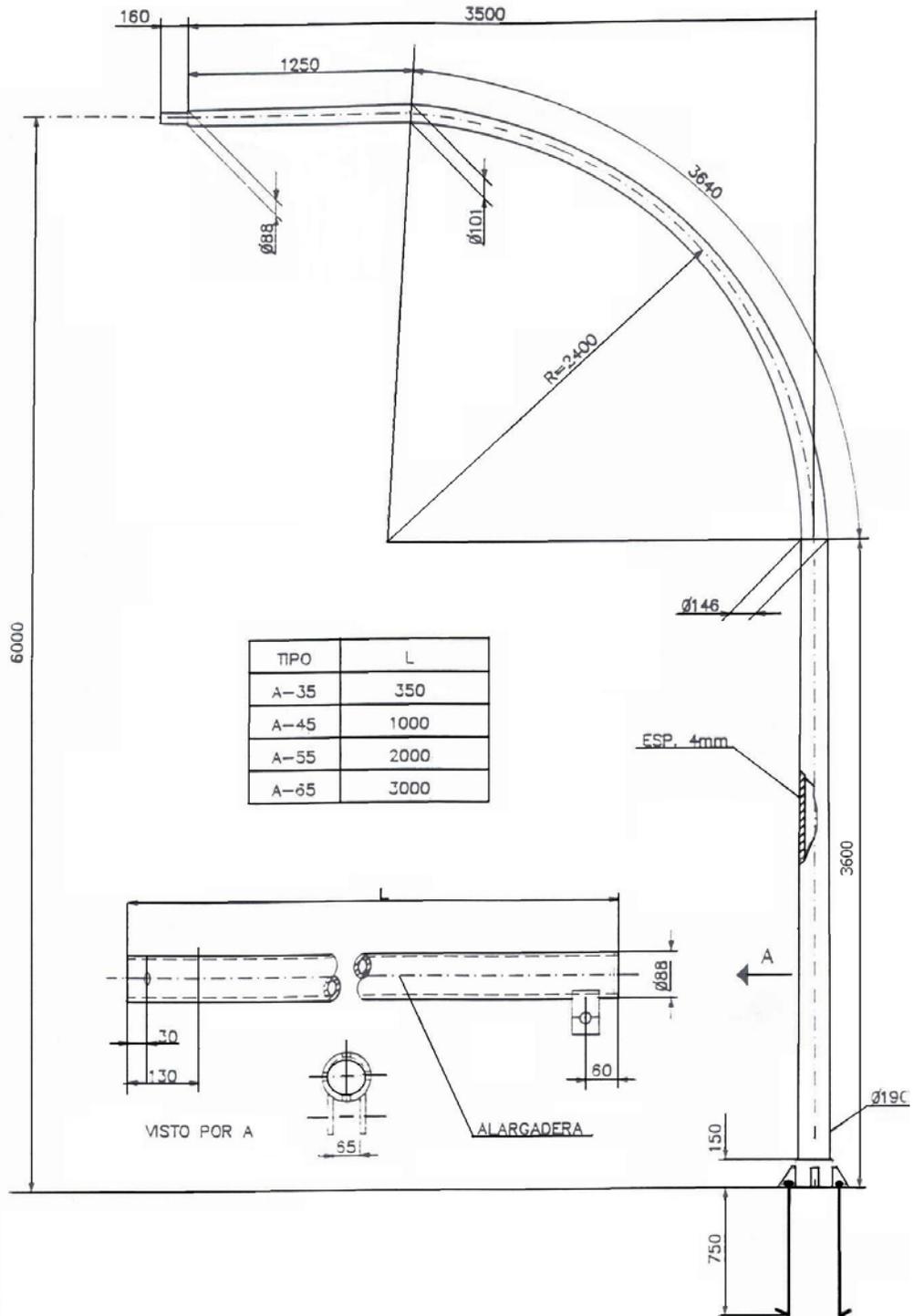


SECCION A-B

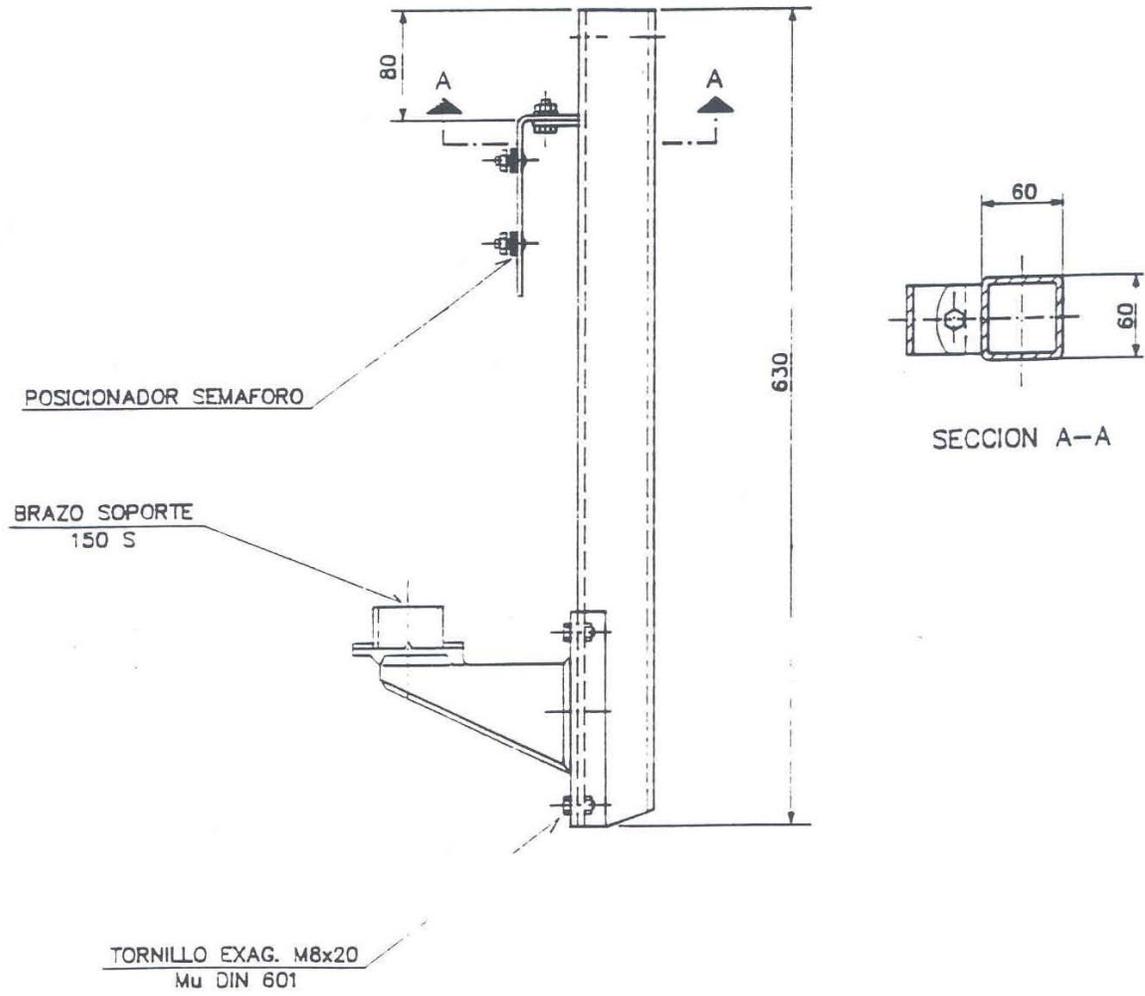
**ANEXO III:**  
**Pantallas de Contraste 3/200**



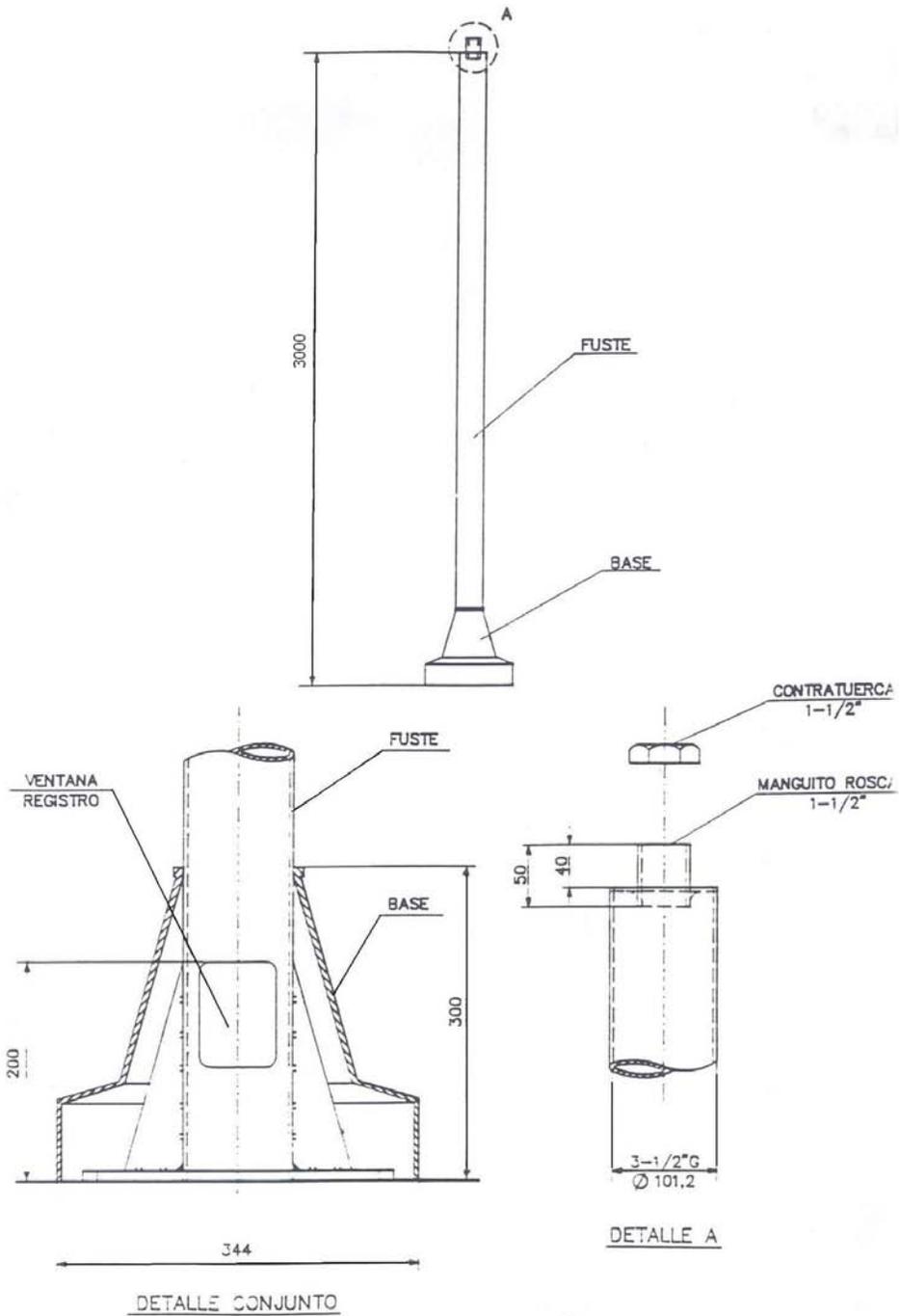
**ANEXO IV:**  
**Forma y Dimensiones del Báculo Troncocónico**



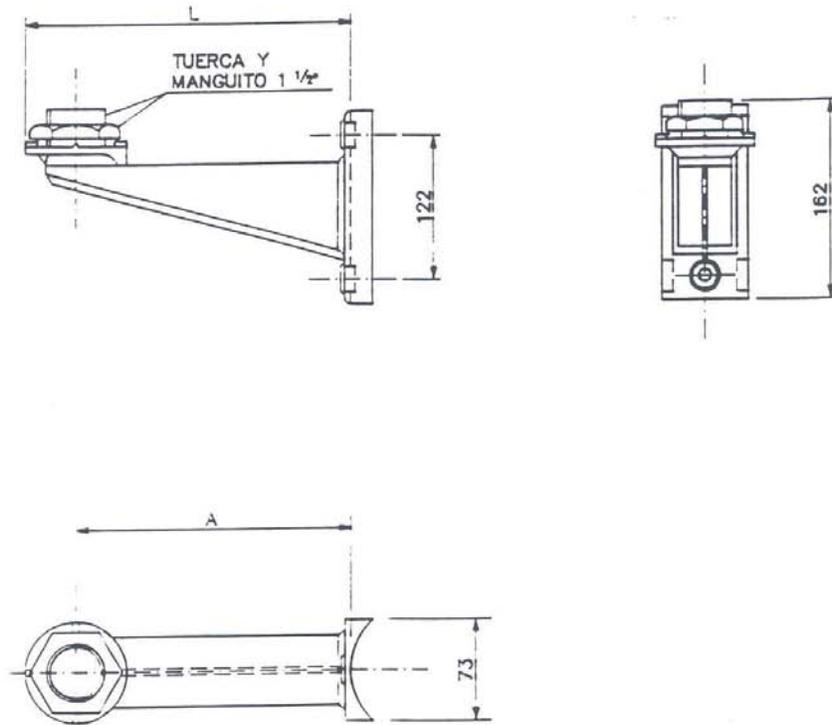
**ANEXO V:**  
**Bajantes de Báculo**



**ANEXO VI:**  
**Columnas Vehiculares**

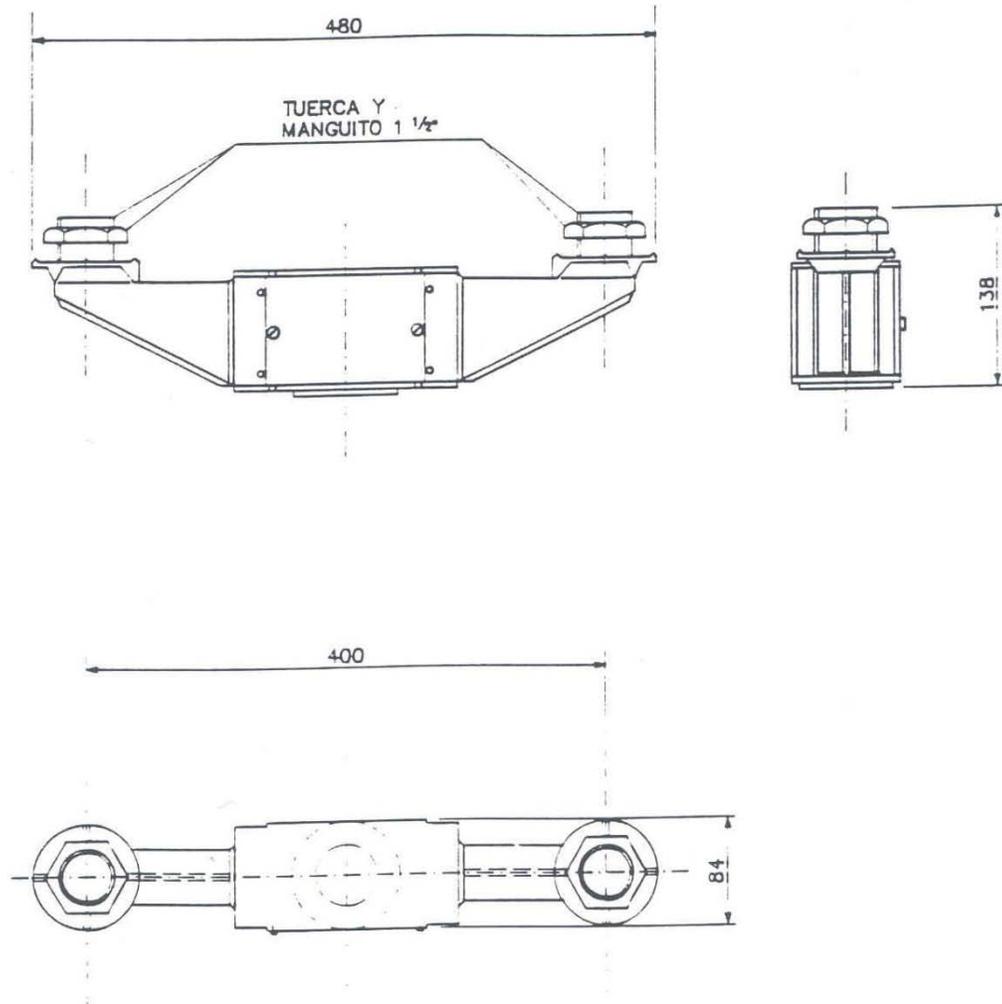


**ANEXO VII:**  
**Soportes Simples**



PARTE	TIPO	L	A	PESO *
I	150 S	165mm	125mm	0.423Kg
II	270 S	265mm	225mm	0.622Kg

**ANEXO VIII:**  
**Soportes Dobles**



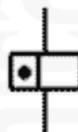
## ANEXO X:

### Relés 1

www.simbologia-electronica.com



Relé (Bobina)



Relé rápido \*



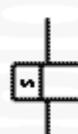
Relé de  
desactivación rápida



Relé lento a  
la excitación



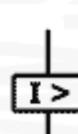
Bobina de relé  
diferencial



Relé de corriente  
alterna



Relé de  
remanencia



Relé para desenganche  
por corriente máxima



Relé con doble  
bobinado



Relé rápido



Relé de  
desactivación lenta



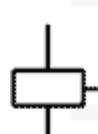
Relé polarizado  
magnéticamente



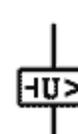
Termo-relé



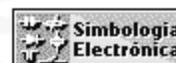
Relé de apoyo



Relé de resonancia  
mecánica. E<sub>f</sub>: 25 Hz



Relé para desenganche  
por tensión defectuosa

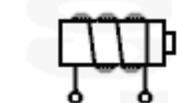


© Alfonso Molinero

www.simbologia-electronica.com

## Relés 2

www.simbologia-electronica.com



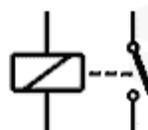
Electroimán de relé



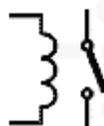
Relé de láminas Reed



Relé de temperatura Termostato



Relé con bobina y contacto \*



Relé con bobina y contacto

### Contactos de Relés



Contactos abiertos



Contactos cerrados



Contactos abiertos



Contactos cerrados



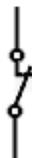
Contactos abiertos



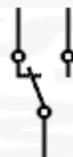
Contactos cerrados



Contactos de trabajo



Contactos de reposo



Contactos de conmutador



Contactos de conmutador sucesivo



Conmutador símbolo genérico



© Alfonso Molinero

www.simbologia-electronica.com