

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS**

**ELABORACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MAQUETA  
PROTOTIPO DE SEMÁFORO INTELIGENTE PARA LA  
INTERSECCIÓN DE DOS AVENIDAS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN  
ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**WALTER ÁLVARO ROMERO GUZMÁN**

**alvaromero9@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. ALCÍVAR COSTALES**

**alcivarc@yahoo.com**

**Quito, Abril 2013**

## DECLARACIÓN

Yo, WALTER ÁLVARO ROMERO GUZMÁN, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**WALTER ÁLVARO  
ROMERO GUZMÁN**

## CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por WALTER ÁLVARO ROMERO GUZMÁN, bajo mi supervisión.

---

Ing. Alcívar Costales

DIRECTOR DE PROYECTO

## **AGRADECIMIENTO**

Deseo brindar mi agradecimiento prioritario y sincero a mi Dios por ayudarme a culminar una etapa de mi vida, ya que sin su voluntad nada podría haber sido posible. Agradezco a mi madre Esthela por su amor y fortaleza, a mi querida Verónica quien ha estado a mi lado constantemente.

Finalmente doy mi gratitud fraterna a mis abuelos Rosa y Alfredo, a todos aquellos buenos amigos, familiares, y demás personas que sirvieron para culminar este proyecto.

Walter Romero

## DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a las mis queridos familiares que le dan sentido a mi vida, Esthela Romero, mi madre; mis queridos abuelos, Rosa Guzmán y Alfredo Romero, ya que a través de su inmenso amor y fortaleza puedo cumplir mis metas.

Para mi querida Verónica, quien me ha brindado su inmenso amor y sobre todo su invaluable apoyo para hacer esto una realidad.

Walter Romero

## ÍNDICE

<b>CAPITULO I .....</b>	<b>1</b>
<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. MARCO DE REFERENCIA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.2.1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.2.2. DEFINICIÓN.....	5
1.2.2.1. Generalidades .....	6
1.2.3. DESCRIPCIÓN .....	7
1.2.3.1. Elementos que componen un semáforo.....	9
1.2.3.1.1. Cabeza.....	9
1.2.3.1.2. Soportes .....	9
1.2.3.1.3. Cara.....	9
1.2.3.1.4. Lente .....	9
1.2.3.1.5. Unidad de Control.....	9
1.2.3.1.6. Detectores.....	9
1.2.3.2. Características .....	10
1.2.3.3. Ubicación de los semáforos.....	15
1.2.3.3.1. Fase, ciclo y despeje .....	17
1.2.3.3.2. Determinación de las fases.....	17
1.2.3.3.3. Reparto de tiempos .....	19
1.2.3.3.3.1. Duración del tiempo amarillo .....	19
1.2.3.3.3.2. Longitud del ciclo .....	20
1.2.4. EFECTOS DE LOS SEMÁFOROS EN EL TRÁFICO .....	20
1.2.4.1 Semáforo inteligente.....	22
1.2.5. FUNCION DE LOS SEMÁFOROS .....	22
1.2.6. CLASIFICACION DE LOS SEMÁFOROS .....	23
1.2.6.1. Semáforos para el control de tránsito de vehículos.....	23
1.2.6.1.1. Indicaciones por medio de una señal luminosa simple.....	24
1.2.6.1.2. Indicaciones por medio de una señal luminosa con flecha direccional .....	25
1.2.6.2. Semáforos para paso peatonales.....	25
1.2.6.3. Semáforos especiales.....	27
1.2.6.3.1. Semáforos especiales intermitentes o de destello.....	27
1.2.6.3.2. Semáforos especiales para regular el uso de canales.....	28
<b>1.3. TECNOLOGÍA INFRARROJA.....</b>	<b>29</b>
1.3.1. GENERALIDADES .....	29
1.3.2. TIPOS DE TRANSMISIÓN CON TECNOLOGÍA INFRARROJA .....	32
1.3.2.1. Punto a punto.....	32
1.3.2.2. Cuasi-difuso.....	32

1.3.2.3. Difuso .....	33
1.3.3. SENSOR .....	34
1.3.3.1. Clasificación de sensores.....	35
1.3.3.1.1. Sensores de posición.....	35
1.3.3.1.1.1 Sensores por barrera.....	36
1.3.3.1.1.2 Sensores por reflexión.....	36
1.3.3.1.2. Sensores de contacto.....	36
1.3.3.1.3 Sensores por ultrasonidos .....	37
1.3.3.1.4. Sensores de movimiento .....	38
1.3.3.1.4.1 Sensores de movimiento por deslizamiento.....	38
1.3.3.1.5. Sensores de velocidad .....	38
1.3.3.1.6. Sensores de aceleración .....	39
<b>1.4. TECNOLOGÍA LED.....</b>	<b>41</b>
1.4.1. GENERALIDADES.....	41
1.4.2. LEDs.....	43
1.4.3. BENEFICIOS DE LA LUZ LED.....	44
1.4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS LEDS .....	45
1.4.5. EFICIENCIA Y VIDA ÚTIL.....	46
1.4.6 LEDS EN EL TRANSITO .....	47
<b>1.5. MICROCONTROLADOR .....</b>	<b>47</b>
1.5.1. FAMILIA 805X, 80186 – INTEL.....	50
1.5.2. FAMILIA 68HC11 – MOTOROLA.....	51
1.5.3. PIC16C - MICROCHIP .....	52
<b>1.6. MICROCONTROLADOR PIC16FXXX.....</b>	<b>52</b>
1.6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PINES .....	54
1.6.1.1. Porta: RA0-RA5 .....	54
1.6.1.2. Portb: RB0-RB7 .....	54
1.6.1.3. Portc: RC0-RC7 .....	55
1.6.1.4. Temporizador TMR0.....	56
1.6.1.5. Temporizador TMR1 .....	56
1.6.1.6. Conversor A/D .....	57
1.6.1.7. Puerto de comunicación serie síncrono.....	57
1.6.1.8. Usart .....	58
1.6.1.9. Organización de la memoria.....	58
1.6.1.10. Memoria de datos .....	59
1.6.1.10.1. Registros especiales.....	59
1.6.1.10.2. Registros de uso general.....	59
1.6.1.11. Registro Option .....	61
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>62</b>
<b>DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE DEL PROYECTO.....</b>	<b>62</b>
<b>2.1 SOFTWARE DE DISEÑO .....</b>	<b>62</b>
2.1.1 EL SIMULADOR ISIS DE PROTEUS .....	64

2.1.2 EL SIMULADOR ARES DE PROTEUS .....	65
<b>2.2 DISEÑO CIRCUITAL .....</b>	<b>66</b>
2.2.1 CIRCUITO ELECTRÓNICO RECEPCIÓN .....	67
2.2.2 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN .....	67
2.2.3 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL .....	68
2.2.4 LISTA DE MATERIALES ELECTRÓNICOS UTILIZADOS .....	69
<b>2.3 CONSTRUCCION .....</b>	<b>70</b>
2.3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES .....	74
<b>2.4 SOFTWARE DE PROGRAMACION .....</b>	<b>78</b>
2.4.1 MICROCODE .....	79
2.4.1.1 Listado de instrucciones generales .....	81
2.4.2 ICPROG .....	83
<b>2.5. PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADORES .....</b>	<b>84</b>
2.5.1 LOGICA DE FUNCIONAMIENTO .....	84
2.5.1.1 Transmisor de señales .....	85
2.5.1.1.1 Código del programa de transmisión de señales .....	85
2.5.1.2 Sistema de control .....	86
2.5.1.2.1 Código del programa del sistema de control .....	88
<b>2.6 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>114</b>
2.6.1 DATOS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR .....	121
2.6.2 PLANO DE LA INTERSECCIÓN ESCOGIDA .....	124
<b>2.7. MAQUETA DE PRUEBAS .....</b>	<b>125</b>
2.7.1 MAQUETA .....	125
<b>2.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....</b>	<b>130</b>
2.8.1 ANALISIS DE RESULTADOS .....	136
<b>CAPITULO III .....</b>	<b>137</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>137</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>138</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>139</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>140</b>
ANEXO A .....	141
ANEXO B .....	146
ANEXO C .....	152
ANEXO D .....	158
ANEXO E .....	161
ANEXO F .....	165
ANEXO G .....	169
ANEXO H .....	191

## RESUMEN

En el presente proyecto se elaboró una maqueta prototipo de semáforo inteligente mediante el uso de la tecnología de luz infrarroja, tomando como referencia para la construcción de la misma la intersección de las avenidas Naciones Unidas y Amazonas.

El proyecto consta de sensores infrarrojos ubicados en las avenidas del prototipo, los cuales envían señales de estado al microcontrolador principal, éste a su vez conjuntamente con el circuito de emisión dotado de un segundo microcontrolador, responden a las condiciones de tráfico que se presenten, encendiendo los semáforos y mostrando en un display de cristal líquido la codificación para cada situación vehicular. Adicionalmente el prototipo también funciona en modo temporizado.

En el capítulo 1. Se indica las bases teóricas necesarias para la comprensión del prototipo. Fundamentalmente se hace referencia al sistema de semaforización, a la tecnología infrarroja y tecnología led, se describe la familia de microcontroladores, de forma particular la familia 16FXXX.

En el capítulo 2. Se muestra el proyecto propiamente dicho, indicando software de diseño, software de programación, análisis de la problemática, y maqueta de pruebas.

En el capítulo 3. Se presenta las conclusiones y recomendaciones sobre el proyecto.

Finalmente en la sección de anexos encontramos los datasheet de los principales elementos usados en el proyecto, así como también la simbología de semaforización, imágenes de la codificación completa del prototipo y modelo del semáforo elaborado.

## ANTECEDENTES

La historia del semáforo está marcada por una evolución constante originada por las necesidades del hombre como muchos otros inventos e instrumentos. La invención del dispositivo mecánico que controla el tráfico y permite el paso de los peatones se debe al ingeniero británico J.P. Knight, quien tuvo la idea de crear un aparato que permitiese controlar el tráfico de 1868 en el Reino Unido.

Los semáforos se han convertido en un elemento tan común en nuestro día a día que resulta una obviedad decir que son los dispositivos encargados de permitir el paso de los vehículos y peatones, a través de un sistema de colores que se toma como estándar:

- Rojo - impide la circulación.
- Ámbar - precaución por paso intermedio del verde al rojo.
- Verde - permite la circulación.

Este sistema de colores se heredó del ferrocarril, que a su vez lo había tomado del mundo marítimo.

El siguiente proyecto muestra una idea para mejorar la calidad de vida de las personas, evitando el estrés por el tráfico, y por consecuencia los diferentes accidentes de tránsito.

Los semáforos inteligentes son dispositivos que disponen de funciones específicas para mejorar el tráfico vehicular, permitiendo un mejor flujo de vehículos en las avenidas y carreteras, reduciendo la contaminación.

Se busca realizar un circuito que permita, que un semáforo cambie de estado de acuerdo a la cantidad de vehículos que detecten los sensores.

# CAPITULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. MARCO DE REFERENCIA

Los países en vías de desarrollo se enfrentan hoy a grandes retos planteados por su transición al desarrollo económico y de índole tan diversa como las transformaciones socioeconómicas, la enseñanza, la sanidad o el medio ambiente. Sin embargo, se sigue haciendo caso omiso del transporte urbano. A medida que la población crece y se incrementa su motorización, se va planteando el desafío de implantar sistemas de transporte eficaces en las ciudades de los países en desarrollo. En situaciones ya de por sí difíciles, la marginación socioeconómica, la contaminación acústica y atmosférica, los embotellamientos y accidentes de tráfico, amenazan el desarrollo económico y la calidad de vida urbana en los países en desarrollo.

Durante mucho tiempo se ha ignorado la movilidad, el ir a pie o la bicicleta, en aras de los coches. Sin embargo, la movilidad vehicular vuelve a formar parte de una serie de políticas de transporte precursoras impulsadas en América Latina, Asia y África. Es de desear que esta tendencia se generalice para que la mayoría de la población tenga acceso a una movilidad segura y asequible. Para alcanzar tal objetivo, las autoridades tienen que dar prioridad a un sistema de transporte acorde con el desarrollo sostenible. Pese a que en esencia la función de los medios de transporte es idéntica en países en desarrollo y países desarrollados, los retos que plantea el transporte urbano en unos y otros son sensiblemente distintos.

Se prevé un crecimiento exponencial de la población mundial en los países en desarrollo, fundamentalmente concentrado en las áreas urbanas. A mayor crecimiento poblacional, mayor demanda de transporte. Por ende, las ciudades en vías de desarrollo se verán enfrentadas a un incremento de tal demanda, para lo cual no bastarán las instalaciones e infraestructuras existentes ni las políticas, ,

centradas en el uso del vehículo. Durante este último siglo, la presión demográfica, el mayor número de actividades económicas en las áreas urbanas y una planificación urbanística deficiente, desembocaron en ciudades e incluso aglomeraciones urbanas desarrolladas anárquicamente. Esta problemática se sigue existiendo, ya que se prevé un crecimiento de población y actividades aún mayor. La mayoría de transformaciones ocurren en las áreas con menor densidad poblacional adyacentes a las metropolitanas, cuya expansión es constante.

El espacio público es todo aquel ámbito del término municipal que configura la ciudad. Son las calles, las plazas, los parques y los jardines. En nuestra cultura es el espacio donde tradicionalmente han tenido lugar las relaciones humanas. En el transcurso de la historia el espacio público se ha visto sometido a modificaciones en su uso. Las calles se han visto invadidas por una gran cantidad de vehículos que ocuparon el espacio de los peatones. Este hecho ha generado en muchas ocasiones la inaccesibilidad al espacio público. Es por lo tanto necesario establecer un equilibrio entre el peatón y el vehículo potenciando al primero y hallando medidas alternativas para el segundo.

Cada vez más, la mayoría de las ciudades de hoy en día se enfrentan a la necesidad de manejar las redes de carreteras puesto que las infraestructuras existentes no pueden ser simplemente expandidas a voluntad. Las ciudades con gran número de habitantes tienen que enfrentarse a enormes flujos de tráfico.

Un paliativo adoptado por las administraciones de éste tipo de ciudades es querer conseguir que los ciudadanos utilicen cada vez más el autobús y otras opciones de transporte masivo dependiendo de cada ciudad. Las inversiones son enormes en éste tipo de ciudades, tratando de conseguir que las carreteras estén lo más despejadas posibles.

Todas las ciudades disponen actualmente de una infraestructura de tráfico. Normalmente a través de los años se vienen produciendo diversas inversiones y expansiones, utilizando una gama de diferentes soluciones. El desafío consiste en

llevar a cabo un desarrollo gradual y de forma homogénea de manera que se pueda manejar el actual volumen de tráfico y al del futuro.

En búsqueda de soluciones dependiendo de cada administración en distintas ciudades se han ido implementando soluciones momentáneas como: el carril extra. No siempre es posible construir nuevas carreteras o hacer más anchas las existentes. Pero, ¿qué se puede hacer cuando en las horas punta de tráfico ni siquiera resultan de ayuda los más modernos sistemas de ingeniería? En algunas ciudades con mucho flujo vehicular se ha adoptado una solución creativa a este problema: el carril de hora punta. En carreteras particularmente sobrecargadas, las señales de tráfico variable convierten el carril de emergencia en un carril adicional en momentos puntuales en función del volumen del tráfico.

El creciente problema de tráfico vehicular en las ciudades, y el sistema de transporte en general, no funciona de la mejor manera, este trabajo plantea y argumenta el uso de una nueva tecnología de semaforización, por razones simples como la falta de sincronización de los semáforos tradicionales, o el funcionamiento bajo los mismos tiempos durante todo el día entre otras; además, el mal uso de las vías por parte de los ciudadanos, dada la constante indisciplina entre vehículos públicos, particulares livianos y de carga.

## **1.2. SISTEMA DE SEMAFORIZACIÓN**

### **1.2.1. INTRODUCCIÓN**

Al crecer las ciudades, también se incrementa el uso del automóvil, aumentando los problemas de tránsito, principalmente en los puntos de convergencia vial. El problema suele solucionarse con un señalamiento adecuado, como son los semáforos, que permiten el paso sucesivo de los vehículos, en un intervalo de tiempo dado, para cada acceso.

En un principio se llamó semáforo a una torre destinada a transmitir señales a distancia, especialmente desde la costa a los barcos. No se puede determinar con exactitud cuándo comenzó su aplicación a los problemas de circulación de vehículos.

Las primeras señales de tránsito del tipo semáforo fueron colocadas en Londres, 1968, con lámparas de gas rojo y verde, para el uso nocturno. El primer semáforo en América apareció en Cleveland, en 1914 y el primer semáforo rojo, ámbar, y verde se usó en Nueva York, en 1919.

La problemática de tránsito inició en grandes ciudades como Chicago, en 1910. Noventa años después, en el año 2000, ciudades como Monterrey, donde se iniciaron las primeras investigaciones para mitigar los problemas de tránsito.

La semaforización de vías urbanas es una actividad fundamental para que el tráfico urbano funcione con las menores demoras posibles.

Cuando la intensidad de tráfico en una intersección es mayor a la admisible con una regulación de preferencia de paso, es pertinente dar paso a la regulación con semáforos para confrontar la situación con un mejor nivel de seguridad y eficiencia.

La semaforización de una intersección se puede producir por cuatro criterios para la instalación de semáforos, como son: la intensidad mínima horaria durante más de 8 horas, la intensidad mínima horaria para demoras, el tráfico de peatones o el número de accidentes reportados en dicha intersección o sector.

Los tipos de control que se pueden establecer en un semáforo son los siguientes:

- Tiempos fijos. Aquella regulación en la que el reparto de ciclo es constante.
- Tiempos variables. Regulación de los semáforos donde el reparto de ciclo depende de las horas del día.

- Tiempos variables por detectores descentralizados. Regulación semafórica donde el reparto de ciclo se realiza en función de la intensidad que se detecta.
- Regulación dinámica en tiempo real. Regulación de los semáforos que se realiza en tiempo real desde un puesto de la sala de control de tráfico”<sup>1</sup>.

### 1.2.2. DEFINICIÓN

Desde hace siglos, se llamaba semáforos a las torres de señales que se extendían por todo el territorio, a través de señales ópticas (luces en la noche, banderas de colores en el día) las que comunicaban las noticias importantes.

También se conocía como semáforos a las estaciones desde las que se transmitían las señales del telégrafo óptico establecido en las costas y en los puertos, cuyo objeto era dar a conocer las llegadas y las maniobras de los buques que venían de alta mar o navegaban a la vista.

El semáforo consistía en un elevado mástil en el cual las vigías efectuaban las señales por medio de travesaños expresados con “bolas” o bien con banderas y si era de noche, con linternas. Por lo general, los semáforos estaban en comunicación con las estaciones telegráficas cercanas. Actualmente un semáforo se puede considerar un dispositivo mecánico o eléctrico que regula el tráfico de vehículos y peatones en las intersecciones de caminos. Actualmente la Real Academia Española define al semáforo como:” Aparato eléctrico de señales luminosas para regular la circulación”<sup>2</sup>

Los semáforos son considerados dispositivos de señales que se encuentran colocados en todas las intersecciones de las calles o en la mayoría de ellas, así como también se los coloca en los pasos de los peatones y en algunos otros

---

<sup>1</sup> EcuRed. Semáforo. <http://www.ecured.cu/index.php/Sem%C3%A1foro>

<sup>2</sup> Iluminación led. Semáforos led. <http://www.iluminacionled.ws/tipos/semaforos-led.html>

espacios. La finalidad de los semáforos en general es la de llevar a cabo una regulación del tráfico de los autos, camiones, y otros vehículos de circulación, incluido el tránsito propio de todos y cada uno de los peatones. Con el paso del tiempo el término semáforo se ha venido empleando para este tipo de dispositivos, no siempre fue así y el término se diversificó hasta que se empleó de manera más fija a los dispositivos previamente mencionados.

La terminología seguirá siendo la misma pero el concepto de semáforo ha cambiado y es por eso que hoy existen semáforos de índole mecánica o bien eléctrica que tienen una finalidad unívoca: la de regular el tráfico de los distintos tipos de vehículos así como también de los peatones.

#### **1.2.2.1. Generalidades**

Los semáforos operan mediante señales con tonalidades, a las cuales les corresponde, sin excepción, un determinado significado:

- En el caso de que se emita una luz verde, eso implica que hay “luz verde” para avanzar.
- En el caso de que, la luz que se vea sea roja, se debe detener la marcha del vehículo inmediatamente.
- En el medio actual, el amarillo, que es el paso intermedio del verde al rojo, corresponde a un color que implica transición. Dentro del amarillo tenemos una subdivisión, tal es el caso del amarillo intermitente, en el cual estamos aludiendo a una señal de precaución, y en el caso del amarillo fijo, este implica que hay que detenerse.

El motivo de la elección de los colores rojo y verde para la regulación del tráfico viene del mundo del ferrocarril que a su vez los había heredado del marítimo. Desde siglos atrás, los barcos también utilizaban un código de colores para señalar el derecho de paso, código de colores que se sigue usando hoy en día, incluso también, en los aviones.

### 1.2.3. DESCRIPCIÓN

Un semáforo asigna de forma alternativa el derecho de paso a cada movimiento o grupo de movimientos que confluyen en una intersección.

La disposición planteada para las intersecciones con semáforos es distinta a la de aquéllas intersecciones que están reguladas por señales. En estas últimas, la preferencia de unas calles sobre otras suele ser permanente, bien porque se sigue la norma general de preferencia a la derecha o bien porque se indica con señales adecuadas, y muchas veces mediante una disposición física de la intersección que por sí misma indica, cuál es la vía que tiene prioridad. Si hay semáforos lo que generalmente ocurre en las intersecciones con mayor intensidad de tráfico la preferencia es alternativa, con secuencias que pueden ser variables en función de las condiciones del tráfico. Algunos principios generales que se aplican al proyecto de intersecciones, como por ejemplo el de la perpendicularidad de las trayectorias que se cortan, no son aplicables si se disponen semáforos y por el contrario, otros, como el de disponer espacio suficiente para el almacenamiento de vehículos que giran, suelen ser más importantes.

Por otra parte al proyectar las isletas y retranqueos es necesario prever el espacio suficiente para la instalación de los elementos semafóricos. De todo ello se deriva que el aspecto físico de la planta de una intersección varíe al instalar semáforos, cambio que se puede observar en la <sup>3</sup>figura 1.1 y la figura 1.2 .Generalmente resulta para este caso una canalización de los movimientos más precisa, con unas isletas de menores dimensiones y unas posibilidades de funcionamiento más flexibles.

---

<sup>3</sup> Señalización Vial. Parte 5. Semaforización  
Instituto Ecuatoriano de Normalización

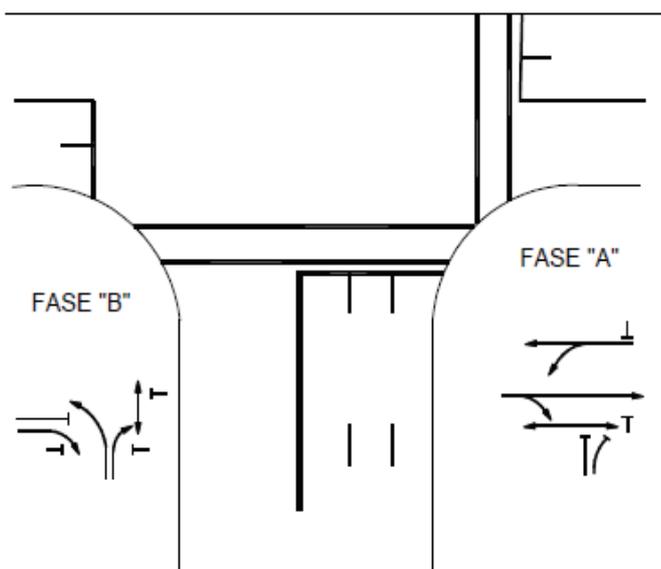


Figura 1.1. Diseño no recomendado

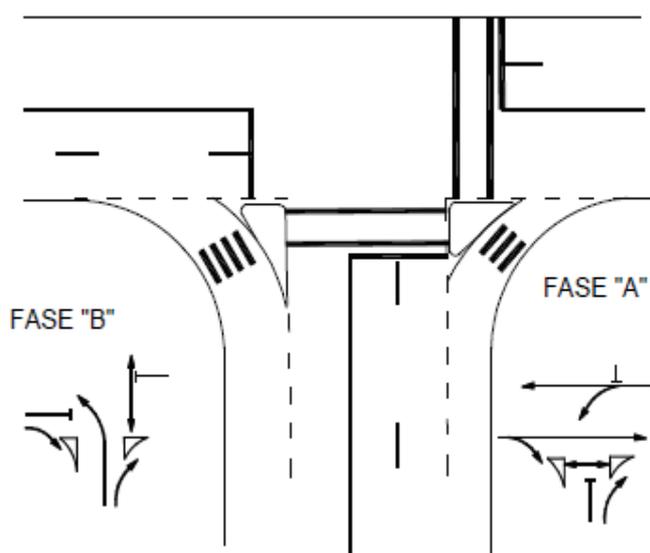


Figura 1.2. Diseño recomendado

Las intersecciones con semáforos generalmente se proyectan tratando de alcanzar la máxima capacidad, por lo que interesa disponer de la mayor superficie posible de calzada útil: si no hay semáforos, aun con un gran número de carriles útiles no es posible llegar a intensidades próximas a la capacidad y el criterio que suele dominar en el proyecto es el referente a la seguridad de la circulación.

### **1.2.3.1. Elementos que componen un semáforo**

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como son la cabeza, soportes cara, lente y visera. Sus definiciones y características se enumeran a continuación.

*1.2.3.1.1. Cabeza.-* Es la armadura que contiene las partes visibles del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diversas direcciones.

*1.2.3.1.2. Soportes.-* Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tienen como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición donde el conductor y el peatón tengan la mejor visibilidad y puedan observar las indicaciones.

*1.2.3.1.3. Cara.-* Es el conjunto de unidades ópticas (lente, reflector, lámpara o bombillo y portalámparas) que están orientadas en la misma dirección. En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, usualmente tres, o más unidades ópticas para regular uno más movimientos de la circulación.

*1.2.3.1.4. Lente.-* Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz proveniente de la lámpara y de su reflector en la dirección deseada.

*1.2.3.1.5. Unidad de Control.-* Es un mecanismo electromecánico o electrónico que sirve para ordenar los cambios de luces en los semáforos.

*1.2.3.1.6. Detectores.-* Son los dispositivos capaces de registrar y transmitir los cambios que se producen o los valores que se alcanzan en una determinada característica del tránsito.

Algunos elementos del soporte deberán permitir ajustes angulares, verticales y horizontales de las caras de los semáforos. Por su ubicación en la intersección, los soportes son de dos tipos, tal como se muestra en la figura 1.3

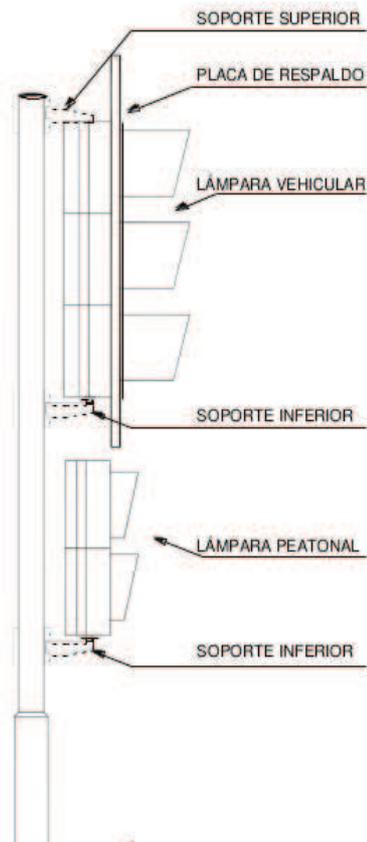


Figura 1.3. Semáforo. - Elementos

### 1.2.3.2. Características

El semáforo consta de una serie de elementos físicos y funcionales cuya terminología y definición fueron enunciadas anteriormente.

Generalmente en cada cara de un semáforo, existen como mínimo dos, tres o más unidades ópticas, que están formadas por un emisor luminoso que puede ser una bombilla incandescente o leds, un reflector cóncavo para concentrar el haz<sup>4</sup> luminoso en una dirección determinada y un vidrio difusor circular, de color denominado lente, cuyo diámetro es generalmente de 20 cm y excepcionalmente de 30 cm cuando se pretende reforzar el efecto de la señal.

<sup>4</sup> Propagación de ondas electromagnéticas.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/vila\\_b\\_ca/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf)

A estos diámetros puede añadirse los semáforos de 10 cm, llamados de repetición y que se colocan a la altura del conductor en las columnas o los báculos.

Aunque no es imprescindible, se suele colocar una visera encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, con dos propósitos: el primero es el de evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre éstas y den la impresión de que están iluminadas: el segundo, es el de impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos a aquél hacia el que está enfocada. Para ambos propósitos lo más aconsejable es que la parte interior de la visera esté pintada de negro mate.

Los semáforos se sustentan en columnas o en báculos. Las columnas son soportes bien de acero galvanizado o de fundición de hierro; las de acero son las más extendidas debido fundamentalmente a la diferencia de precio con las de fundición; éstas últimas se suelen instalar en climas húmedos, con ambientes salinos (en ciudades o poblaciones costeras) debido a su mayor resistencia y durabilidad ante condiciones atmosféricas agresivas. Las columnas se fabrican en dos alturas. 2,00 metros y 2,40 metros.

El otro soporte para sustentar los semáforos son los báculos,(ver figura 1.4) ; éstos son siempre de acero galvanizado y están constituidos por dos tramos rectos unidos por un tramo curvo; su altura oscila entre los 4.5 y 6,0 metros y el saliente sobre la vertical, denominado brazo, oscila desde 3,50 metros hasta 5,50 metros.

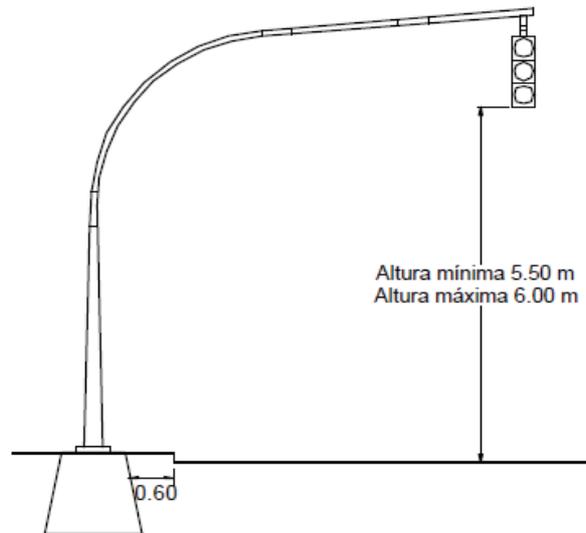


Figura 1.4. Semáforo con báculo

Se utilizan los báculos cuando es necesario que los semáforos se vean a gran distancia, caso de vías de gran velocidad, o bien en caso de que las columnas puedan quedar poco visibles por el arbolado o por vehículos de grandes dimensiones estacionados o simplemente detenidos delante de ellas. Con la longitud del brazo se consigue ubicar la cabeza del semáforo lo más centrada posible en el carril al que va dirigido, que es la posición idónea que deben tener los semáforos aéreos.

Para lograr una mejor visibilidad de las luces de los semáforos, se instalan unas placas alrededor de las cabezas, denominadas pantallas de contraste (ver figura 1.5). Van pintadas en negro mate y con un borde blanco, con objeto de conseguir contraste sobre el horizonte.

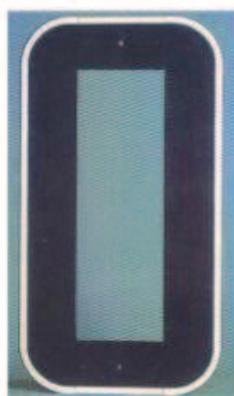


Figura 1.5. Semáforo. - Pantalla.

Desde los orígenes de la señalización semafórica, los semáforos han funcionado mediante lámparas incandescentes. En la década de los 80 comenzó a emplearse la tecnología LED (Light Emitting Diode). Tecnología que ha experimentado una enorme evolución en los últimos 10 años.

Para controlar el funcionamiento de los semáforos instalados en un cruce o en dos o más muy próximos, se utiliza un aparato denominado regulador, que sirve para ordenar los cambios de luces a los semáforos instalados en una intersección. Las órdenes dadas por el regulador pueden estar grabadas en memoria o pueden ser recibidas desde una sala de control.

Se denomina **detector** a todo dispositivo que registra y transmite cualquier información referente a determinada característica o parámetro del tráfico como por ejemplo:

- Intensidad.
- Velocidad.
- Densidad.
- Ocupación de la vía.

Una clasificación de los detectores se muestra en la figura 1.6, en dicha clasificación se mencionan los detectores de botón de presión y especiales, además también los de tipo vehicular los mismos que pueden ser intrucivos y no intrucivos,

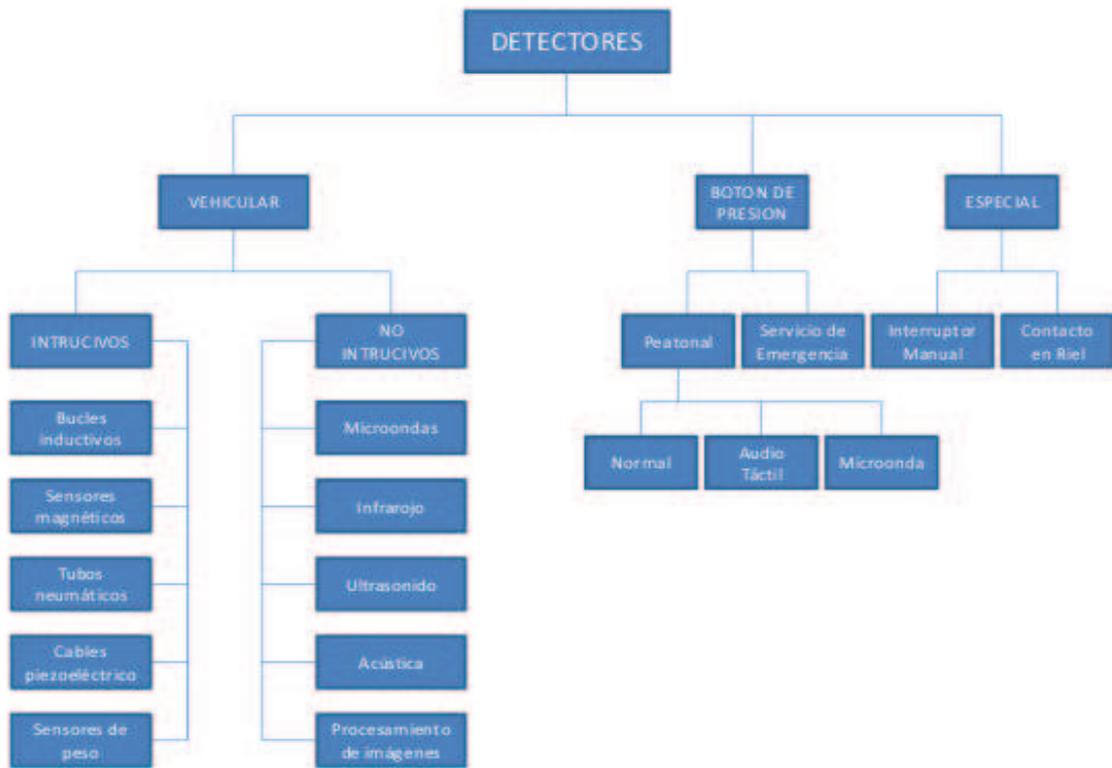


Figura 1.6. Clasificación de los detectores.

Tradicionalmente se han utilizado las espiras insertadas en el pavimento, fácilmente destruibles por los equipos de mantenimiento en campañas de fresado. Estas espiras pueden ser sustituidas por equipos basados en visión artificial, que proporcionan los parámetros anteriormente citados, pero cuyo mayor inconveniente es un costo muy superior.

Se cree que los semáforos son la solución de todas las dificultades del tráfico no hay nada más lejos de la realidad. En la mayoría de los casos el semáforo es un mal menor que disminuye la libertad de movimiento del tráfico pero que, en momentos de gran intensidad, permite que las intersecciones no se atasquen y, en general, aumenta el grado de seguridad. Entre los efectos producidos por los semáforos pueden contarse que reducen las posibilidades de choque en ángulo recto, que suelen ser los más peligrosos. Como contrapartida, aumentan considerablemente la probabilidad de choques entre vehículos que circulan en la misma dirección, accidente conocido por alcance.

Si están bien, estudiados, los semáforos, pueden proporcionar un movimiento más o menos continuo a una velocidad conveniente. Sobre este particular hay que hacer constar que el buen o mal funcionamiento de los semáforos a lo largo de una vía no depende exclusivamente de la perfección con que están estudiados, sino que en muchas ocasiones es causado por condiciones geométricas imposibles de variar.

Uno de los mayores inconvenientes que presentan los semáforos es, quizás, el de los molestos retrasos que se producen cuando bajan las intensidades de tráfico, sobre todo cuando se trata de semáforos de tiempos fijos.

### **1.2.3.3. Ubicación de los semáforos**

La cabeza del semáforo puede estar situada sobre la vía, o en los bordes de ésta. En el primer caso se cuelga del brazo de un báculo. Naturalmente la parte inferior del semáforo debe estar por encima de la altura máxima permitida a los vehículos que circulen por la zona (ver figura 1.7). En algunos países esta altura es de 6m por lo que la altura libre deberá ser de 5,0m como mínimo. Cuando el semáforo está colocado fuera de la calzada, lo normal es que esté montado sobre una columna, aunque puede estar adosado a otras columnas ya existentes como, por ejemplo, las del alumbrado, aunque no es lo recomendable.

En cuanto a la situación del semáforo parece haberse llegado universalmente a la conclusión de que el tipo más sencillo, más económico y que ofrece al mismo tiempo mejores condiciones de visibilidad es el suspendido

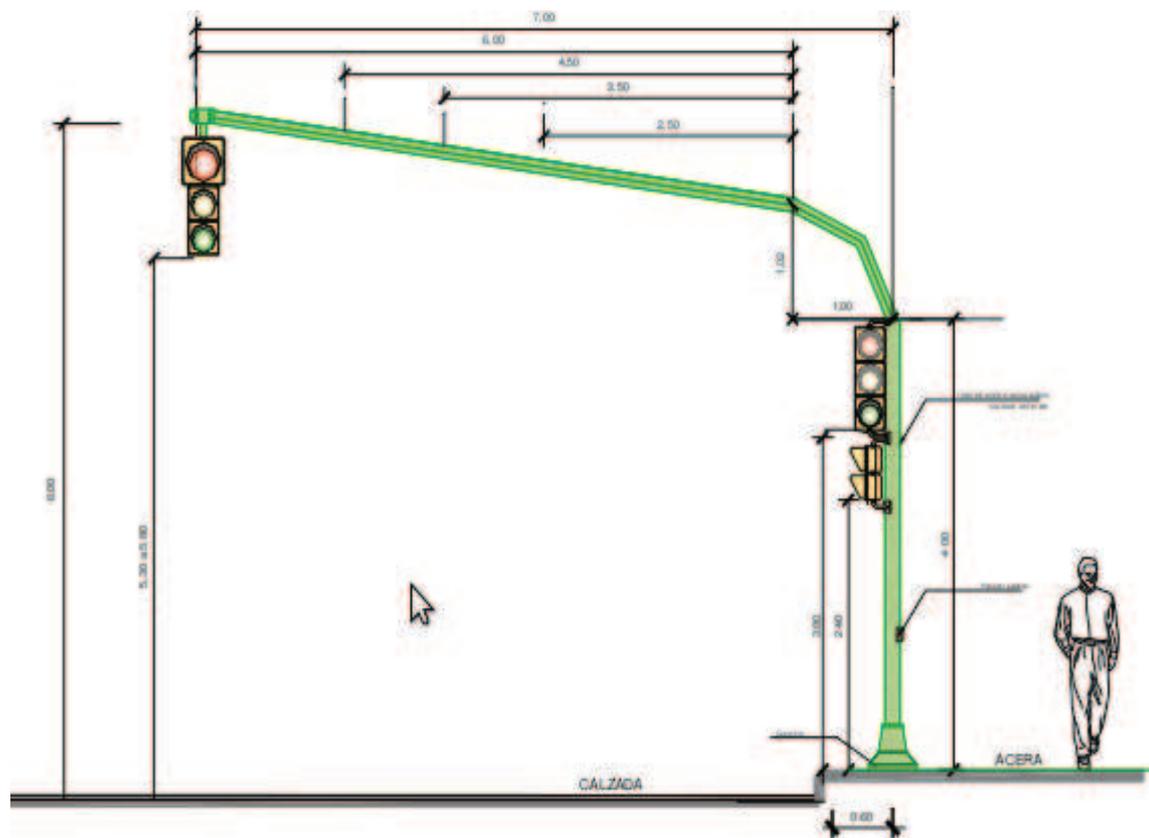


Figura 1.7. Semáforo - Ubicación.

Es aconsejable, que, si las condiciones de la intersección lo permiten existan por lo menos dos semáforos para cada dirección, exhibiendo la misma luz. Las ventajas de ello son evidentes, pues si un vehículo de grandes proporciones impide la visión de uno de los semáforos o si se funde una bombilla del mismo, siempre queda otro visible. La necesidad de repetir el semáforo crece con la intensidad del tráfico, la velocidad, la anchura de la calzada y la proporción de vehículos pesados.

Hay dos formas de disponer los semáforos en una intersección. La primera consiste en que las caras de los semáforos cuyas indicaciones deben obedecerse se colocan una vez pasado el cruce, es decir, que entre el semáforo y la línea de detención queda toda la intersección. La segunda consiste en situar el semáforo justamente antes de entrar en la intersección.

#### *1.2.3.3.1. Fase, ciclo, y despeje*

Se llama **ciclo** al tiempo transcurrido desde el cambio de un grupo semafórico hasta la repetición de dicha situación después de realizarse una secuencia de maniobra completa en los semáforos conectados a un mismo regulador.

Se denomina **fase** a cada una de las divisiones del ciclo durante la cual la configuración de colores de todos los grupos semafóricos permanece invariable.

El término **despeje** se refiere al tiempo necesario para que los vehículos que han accedido a la intersección por uno de los ramales o calles, salgan de la zona de intersección y la dejen totalmente libre para que entren en la misma los vehículos de otros ramales sin que exista peligro de colisión de los mismos.

#### *1.2.3.3.2. Determinación de las fases*

La determinación de las fases, puede darse simultáneamente, generalmente no están sujetos a reglas fijas, sino que dependerán, en general, de las características del tráfico y del trazado de la intersección. Sin embargo el número de fases debe de ser el mínimo posible para poder aprovechar al máximo el uso del tiempo, además se debe permitir a cada fase el máximo número de movimientos posibles. En la figura 1.8 se muestra las condiciones específicas para la terminación de una fase.

Como las fases de funcionamiento condicionan la situación de los semáforos, el ciclo y la duración de cada indicación, es muy deseable que no se estudie la ordenación de una intersección independientemente del funcionamiento de los semáforos.

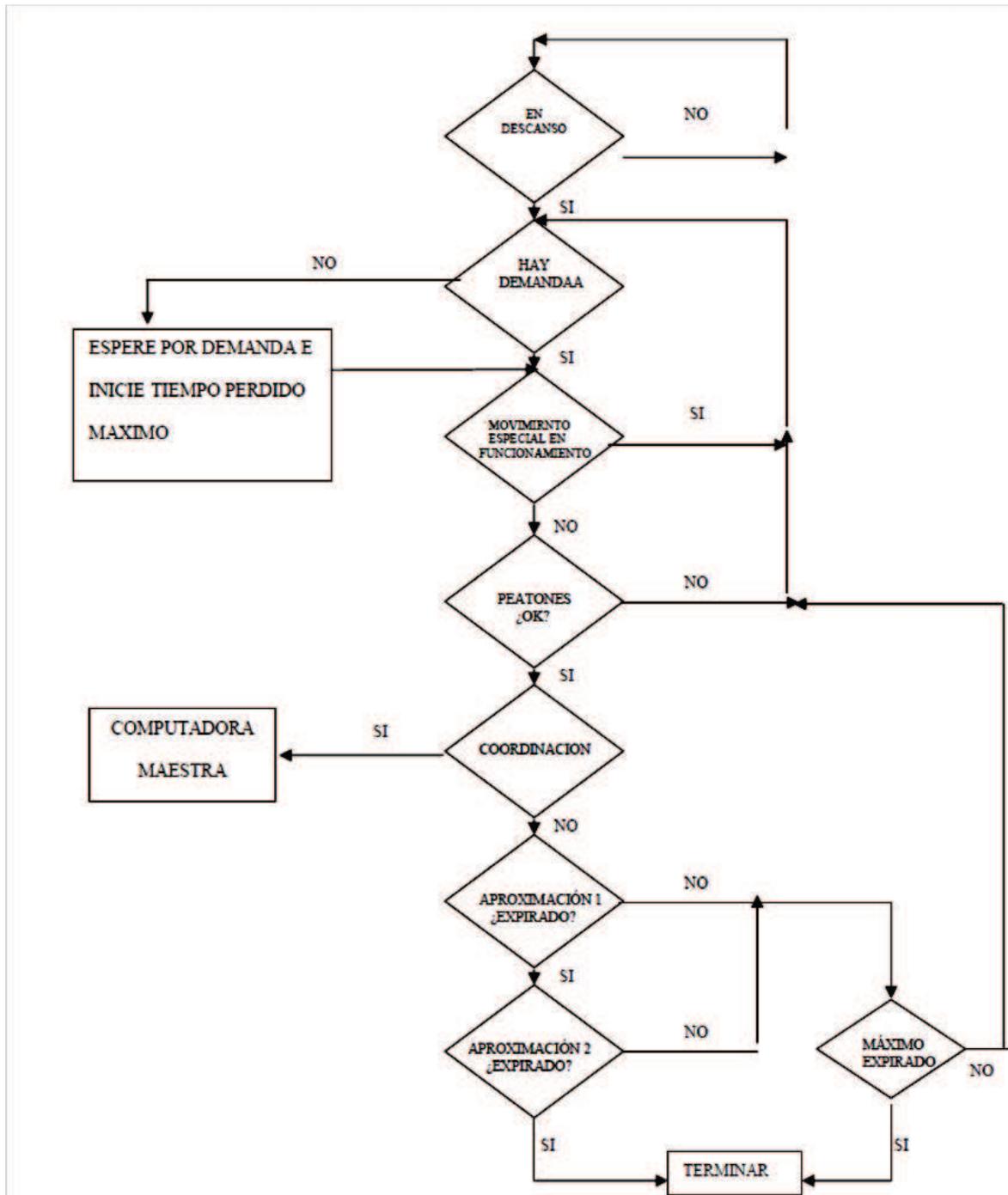


Figura 1.8. Diagrama de flujo para la terminación de una fase.

Los criterios que deben presidir el estudio de las fases son los siguientes:

- El número de fases debe ser lo menor posible. Con ello se reducen al mínimo los tiempos perdidos en cada ciclo.
- El número de movimientos simultáneos sin conflicto entre sí debe ser máximo.

- El recorrido dentro de la intersección se procurará que sea lo más corto posible. Así se logran unos tiempos de despeje más cortos.
- Cuando un ciclo se divide en más de dos fases es necesario considerar el orden en que se producen, ya que ello influye en la seguridad y rendimiento de la intersección.

Cuando durante la fase de peatones, tanto el número de éstos como el de vehículos que tratan de salir de la intersección no sea muy elevado, puede permitirse el paso de ambos asignando la preferencia a los peatones. Si uno de los dos movimientos es relativamente importante, hay que considerar unas fases que los separen totalmente, ya que en caso contrario podría resultar peligroso para los peatones o producirse colas que bloqueen la intersección

#### *1.2.3.3.3. Reparto de tiempos*

Independientemente de lo que resulte de los cálculos, la duración del ciclo tiene que estar forzosamente comprendida entre los límites que fija la psicología del conductor. La práctica indica que ciclos menores de 35 segundos o mayores de 120 se acomodan difícilmente a la mentalidad del usuario de la vía pública.

En gran parte de los casos, la proximidad entre intersecciones obliga a que se adopte una misma duración de ciclo. Cuando las distancias entre intersecciones son grandes, es posible elegir ciclos distintos, pues se produce una dispersión de los vehículos que circulan agrupados.

#### *1.2.3.3.3.1. Duración del tiempo amarillo*

La utilización de la luz amarilla entre la verde y la roja se debe a que no es posible detener instantáneamente un vehículo. Su finalidad es la de avisar al conductor que va a aparecer la luz roja y que, por tanto, debe decidir si tiene tiempo para pasar antes de que se encienda o si, por el contrario, no lo tiene y ha de frenar.

En muchos tratados de ingeniería de tráfico se hace el cálculo de la duración del amarillo basándose en los dos supuestos siguientes:

- El tiempo de amarillo será igual o superior al requerido para frenar antes de la línea de detención.
- Si se ha entrado en la intersección, dará tiempo a atravesarla antes de que se encienda la luz roja.

Para que en todo momento se cumplan ambos supuestos habrá de tomarse siempre el mayor de los valores que resulte de calcular el tiempo de amarillo con ambos criterios.

#### *1.2.3.3.3.2. Longitud del ciclo*

Es el tiempo que dura una fase de luz verde, amarilla y roja.

### **1.2.4. EFECTOS DE LOS SEMÁFOROS EN EL TRÁFICO**

En la mayoría de los casos el semáforo es un mal menor que disminuye la libertad de movimiento del tráfico pero que, en momentos de gran intensidad, permite que las intersecciones no se atasquen y, en general, aumenta el grado de seguridad.

Entre los efectos producidos por los semáforos pueden contarse que reducen las posibilidades de choque en ángulo recto, que suelen ser los más peligrosos.

Los semáforos, pueden proporcionar un movimiento más o menos continuo a una velocidad conveniente. Sobre este particular hay que hacer constar que el buen o mal funcionamiento de los semáforos a lo largo de una vía no depende exclusivamente de la perfección con que están estudiados, sino que en muchas ocasiones es causado por condiciones geométricas imposibles de variar.

Uno de los mayores inconvenientes que presentan los semáforos es, quizás, el de los molestos retrasos que se producen cuando bajan las intensidades de tráfico, sobre todo cuando se trata de semáforos de tiempos fijos.

La instalación de semáforos en vías preferentes supone una disminución de la prioridad de paso ya que ésta queda limitada a unos ciertos intervalos de tiempo. Por esta razón las instalaciones semaforizadas no deben efectuarse más que cuando contribuyan realmente a mejorar la fluidez y la seguridad del tráfico. Caso de no hacerse así, los semáforos constituyen un entorpecimiento para la circulación en lugar de una ayuda para la misma.

Independientemente del problema individual de cada intersección, existen determinados índices y criterios para analizar si en una ciudad el número de intersecciones con semáforos es razonable. Una cifra media en los Estados Unidos es de una intersección con semáforos por cada 1.000 habitantes.

En las condiciones europeas de menor motorización y mayor densidad de las ciudades esta cifra es excesiva. Se llega a la conclusión de que, además del número de habitantes, hay otros tres factores que deben considerarse: el grado de motorización, la densidad y el tamaño de la ciudad. Dentro de ciertos límites se precisará un mayor número de semáforos por cada 1.000 habitantes cuanto mayor sea la motorización y menor la densidad.

En la actualidad los semáforos son sistemas temporizados para cambiar de un estado a otro y siguen un patrón de secuencia fija, ya que carece de inteligencia para tomar decisiones, esto representa una gran desventaja durante las horas pico en importantes arterias viales ya que los cambios se realizan en tiempos no adaptados a las condiciones del tráfico, y mientras una intersección vacía tiene luz verde la arteria principal se detiene a esperar el cambio, agrupando los vehículos hasta congestionar el canal. A partir de esto se puede observar que el diseño actual de los semáforos está incidiendo directamente en el congestionamiento de las avenidas principales, y da origen a plantear un nuevo semáforo capaz de tomar decisiones ante una condición de tráfico dado.

#### **1.2.4.1 Semáforo inteligente**

La idea parte de la problemática que se ha presentado con respecto a la gran cantidad de tráfico en las calles y avenidas, debido a la falta de nuevas vías de comunicación y al incremento progresivo de los vehículos automotores, además de los problemas que traen consigo las largas colas: pérdida de tiempo, grandes gastos de energía, dificultad para desplazarse de un sitio a otro, entre otras cosas.

Para ayudar a solventar lo expuesto se propone realizar un prototipo de semáforo inteligente, que de acuerdo al grado de congestión que presente algún canal de una intersección vial prolongue un poco más el paso de los carros para así descongestionar las principales arterias viales.

El desarrollo de modelos de semáforos inteligentes ha sido una de las grandes propuestas que se han planteado para disminuir el flujo de vehículos por las calles de grandes ciudades, evitando así el congestionamiento vehicular.

Un semáforo inteligente es aquel que es capaz de realizar una acción de acuerdo a lo que esté ocurriendo. Existen varios tipos de semáforos inteligentes, algunos trabajan con sensores, otros con visión artificial, con comunicación alámbrica o inalámbrica dependiendo de las necesidades del usuario. Su función principal es la de permitir el paso alternadamente a las corrientes de tránsito que cruzan, permitiendo el uso ordenado y seguro del espacio.

#### **1.2.5. FUNCION DE LOS SEMÁFOROS**

El semáforo es un artefacto útil para el control y la seguridad, tanto de vehículos como de peatones. Debido a la asignación prefijada o determinada por el tránsito mismo del derecho de vía para los diferentes movimientos en intersecciones y en otro sitio de calles y carreteras, el semáforo ejerce una profunda influencia sobre el flujo del tránsito. Entre las principales funciones de un semáforo podemos mencionar:

- Interrumpir periódicamente el tránsito en una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por canales.
- Eliminar o reducir el número y gravedad de algunos tipos de accidentes, principalmente los que implican colisiones perpendiculares.
- Proporcionan un ordenamiento del tránsito.

### 1.2.6. CLASIFICACIÓN DE LOS SEMÁFOROS

La clasificación de los semáforos generalmente se basa en sus mecanismos de operación, según esto se tiene la siguiente división:

- Semáforos para el control de tránsito de vehículos.
- Semáforos para paso peatonales.
- Semáforos especiales.

#### 1.2.6.1. Semáforos para el control de tránsito de vehículos

Este tipo de semáforos se utilizan para regular el tránsito por medio de indicaciones luminosas (ver tabla 1.1 y 1.2), estableciendo de esta forma el derecho al paso a los vehículos, a través de una vialidad. La figura 1.9 nos indica un ejemplo de los semáforos de control vehicular.



Figura 1.9. Semáforo para control de tránsito.

Para su instalación es necesario un estudio completo de las características de la intersección a semaforizar, para determinar si es adecuada o no la operación de estos dispositivos.

Entre las ventajas de este tipo de semáforos tenemos:

- Disminuyen la frecuencia de accidentes, especialmente los que ocurren en una trayectoria en ángulo recto.
- Mantienen la circulación continua a cierta velocidad, en una ruta específica.
- Permiten el paso de vehículos y peatones de forma ordenada.

Cuando este tipo de semáforos están mal proyectados pueden presentar algunos problemas y/o desventajas como:

- Demoras excesivas en el tránsito.
- Inducen a los conductores a rutas menos convenientes.
- Incrementan la frecuencia de accidentes.

#### *1.2.6.1.1. Indicaciones por medio de una señal luminosa simple*

<b>SEÑAL LUMINOSA</b>	<b>INDICACIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Rojo fijo	Alto	Indica a quienes avanzan hacia el semáforo que deben detenerse a raya.
Rojo en destello	Alto	Indica que detenerse a la raya de Alto, o frente al semáforo en caso de que ésta no existiera, antes de ejecutar los movimientos indicados por las flechas.
Amarillo o ambar fijo	Transición	Advierte a quienes avanzan hacia el semáforo que está a punto de aparecer la luz roja de ALTO, y que deben amenorar la velocidad o detenerse.
Amarillo o ambar en destello	Precaución	Advierte a quienes avanzan hacia el semáforo que pueden continuar son las debidas precauciones.
Verde Fijo	Siga	Indica a quien avanza hacia el semáforo, que pueden seguir de frente o dar vuelta a la derecha o a la izquierda, a menos que alguna señal prohíba dichos movimientos.
Verde en Destello	Transición	Advierte que está por concluir el intervalo con indicación de SIGA y que por tanto, deben tomar las debidas precauciones.

Tabla 1.1. Señales luminosas simples de semáforos para control de tránsito.

1.2.6.1.2. Indicaciones por medio de una señal luminosa con flecha direccional

SEÑAL LUMINOSA	INDICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Flecha hacia la derecha, Rojo fijo.	Alto	Indica que no están permitidos los movimientos que indican las flechas.
Flecha hacia la izquierda, Rojo en destello	Alto	Indica que detenerse a la raya de Alto, o frente al semáforo en caso de que ésta no existiera, antes de ejecutar los movimientos indicados por las flechas.
Flecha hacia arriba, Amarillo o ambar fijo	Transición	Advierte el intervalo del cual disponen, después de la terminación de la Flecha Verde. También advierte que la flecha o luz roja de ALTO está a punto de aparecer y que por lo tanto, deben detenerse.
Flecha hacia la derecha y a la izquierda, Amarillo o ambar en destello	Precaución	Indica a quien avanza hacia un semáforo, que pueden ejecutar movimientos indicados por las flechas, con las debidas precauciones.
Flecha hacia arriba, Verde Fijo	Siga	Indica a quien avanza hacia el semáforo, que pueden seguir de frente pero no deben dar la vuelta ni a la derecha ni a la izquierda, sino que deben ceder el paso a otros vehículos o peatones que aún se encuentran en el cruce. Los peatones que caminan frente al semáforo pueden cruzar, salvo que un semáforo para el tránsito de peatones lo prohíba.
Flecha hacia arriba, Verde en Destello	Transición	Advierte que está por concluir el intervalo con indicación de SIGA y que por tanto, deben tomar las debidas precauciones puesto que está por aparecer la señal simple o flecha con luz amarilla o ambar fija, en la que deben amenorar la velocidad o detenerse.

Tabla 1.2. Señales luminosas de flecha direccional para semáforos vehiculares.

1.2.6.2. Semáforos para paso peatonales

Este tipo de semáforos se utilizan para regular el tránsito de personas en los cruces peatonales de una vialidad, por medio de indicaciones luminosas. (ver tabla 1.3). En la figura 1.10 se observa un ejemplo exacto acerca de este tipo de semáforos.



Figura 1.10. Semáforos peatonales de hombre y mano

Para su instalación, es necesario que cumpla:

- Que el semáforo para el control de tránsito de vehículos se encuentre instalado como consecuencia del volumen peatonal.
- Cuando un intervalo o fase exclusiva deba darse para el movimiento peatonal, en una o más direcciones.
- Cuando cualquier volumen de flujo peatonal requiera el uso de un intervalo libre para peatones, con el fin de reducir los conflictos entre vehículos y peatones, o cuando sea necesario ayudar a éstos para que puedan cruzar la calle con toda seguridad.
- Cuando los peatones crucen por una parte de la calle, desde o hacia una zona de seguridad, durante un intervalo en el que no les está permitido cruzar en otra parte de la calle.
- Cuando la circulación de vehículos que dan vuelta demande una fase semi-exclusiva de protección de peatones.
- Cuando el cruce de la vialidad sea demasiado amplio o complicado, o cuando una vialidad sea tan ancha, que los semáforos para vehículos no sirvan adecuadamente para peatones.
- Cuando al incrementar los intervalos del ciclo, cause confusión a los peatones que se guían exclusivamente por los semáforos para vehículos.

Independientemente de los requisitos antes mencionados se debe contar con estudio de tránsito que avale la instalación de este tipo de semáforos.

SEÑAL LUMINOSA	INDICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Rojo fijo	Alto	Indica que los peatones no deben atravesar la vialidad en dirección al semáforo, mientras la señal esté encendida.
Verde en destello	Transición	Advierte a los peatones que avanzan de frente al semáforo, que está a punto de aparecer la señal luminosa que indica ALTO.
Verde Fijo	Pase	Indica que los peatones pueden a travesar la vialidad en dirección al semáforo.

Tabla 1.3. Señales luminosas de semáforos peatonales.

Los semáforos para el control de tránsito de peatones deben instalarse en coordinación con los semáforos para el control de tránsito de vehículos. Cuando estos últimos estén operando en destello, los semáforos para peatones deben permanecer apagados.

### 1.2.6.3. Semáforos especiales

Este tipo de semáforos se clasifican en:

- Intermitentes o de destello.
- Para regular el uso de canales

#### 1.2.6.3.1. Semáforos especiales intermitentes o de destello

Un semáforo especial intermitente o de destello es un tipo de semáforo con una o más secciones de color amarillo o rojo que opera en modo de intermitencia.

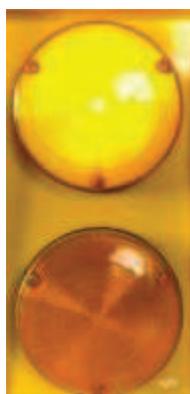


Figura 1.11. Semáforo especial intermitente

Este tipo de dispositivo se utiliza en lugares donde el tránsito o las condiciones físicas locales no justifican la operación de un semáforo para el control del tránsito de vehículos y sirven además, según lo demuestra la experiencia, para llamar la atención de los conductores en ciertos sitios en los que exista peligro. (ver figura 1.11).

#### *1.2.6.3.2. Semáforos especiales para regular el uso de canales*

Los semáforos para regular el uso de canales son semáforos especiales colocados sobre la vía que permiten o prohíben el uso de determinados canales de una vía o que indican la inminente prohibición de su uso. ( ver figura 1.12). Los semáforos para regular el uso de canales se distinguen por la colocación de caras especiales de semáforos sobre determinado canal de una vía y por su forma diferente y los símbolos que se utilizan.



Figura 1.12. Semáforo especial para el uso de canales

Los semáforos para regular el uso de canales son normalmente utilizados en el control de operación reversible de los canales, aunque también se usan en aplicaciones de canales no reversibles en autopistas.

Se debería realizar un estudio de tránsito para determinar si la operación de un canal reversible puede controlarse satisfactoriamente con señales fijas o si se requiere del empleo de semáforos especiales para regular el uso de canales.

Se deben utilizar semáforos para regular el uso de canales si cualquiera de las siguientes condiciones está presente:

- Más de un canal se coloca reversible por sentido.
- Existen operaciones complejas o inusuales en la operación de canales reversibles.
- Se pueda demostrar que la experiencia de accidentes de tránsito durante la operación de canales reversibles con señales fijas puede corregirse mediante la utilización de semáforos especiales para regular el uso de canales en aquellos períodos de transición entre los patrones del pico y fuera del pico.
- Un estudio de tránsito indique que se podría producir una operación más segura y eficiente del sistema de canales reversibles mediante el empleo de semáforos especiales para regular el uso de canales.

Los semáforos especiales para regular el uso de canales también se pueden utilizar en operación de canales reversibles en estaciones de peaje. También se pueden emplear aunque no se desee o se necesiten canales reversibles. Por ejemplo, en los siguientes casos:

- En una autopista, si se desea mantener el tránsito fuera de ciertos canales en determinadas horas para facilitar la convergencia del tránsito de una rampa o de otra autopista.
- En una autopista, cerca de su tramo final, para indicar un canal que termina.
- En una autopista, en un viaducto o en un túnel largo, para indicar que un canal puede estar temporalmente bloqueado por un accidente, un vehículo averiado o por actividades de mantenimiento.

## **1.3. TECNOLOGÍA INFRARROJA**

### **1.3.1. GENERALIDADES**

El infrarrojo es un tipo de luz que no se puede ver con la vista. Los ojos pueden solamente ver lo que se conoce como luz visible. La luz infrarroja brinda

información especial que no se puede obtener de la luz visible. Muestra cuánto calor tiene alguna cosa y da información sobre la temperatura de un objeto.

Todas las cosas tienen algo de calor e irradian luz infrarroja. Incluso las cosas que aparentemente son muy frías, como un cubo de hielo, irradian algo de calor. Los objetos fríos irradian menos calor que los objetos calientes. Entre más caliente sea algo más es el calor irradiado y entre más frío es algo menos es el calor irradiado. Los objetos calientes brillan más luminosamente en el infrarrojo porque irradian más calor y más luz infrarroja. Los objetos fríos irradian menos calor y luz infrarroja, apareciendo menos brillantes en el infrarrojo. Cualquier cosa que tenga una temperatura irradia calor o luz infrarroja. En las imágenes infrarrojas mostradas en la figura 1.13, colores diferentes son usados para representar diferentes temperaturas. Se puede encontrar cuál temperatura es representada por un color usando la escala color-temperatura a la derecha de las imágenes.

Las temperaturas están en grados Fahrenheit.

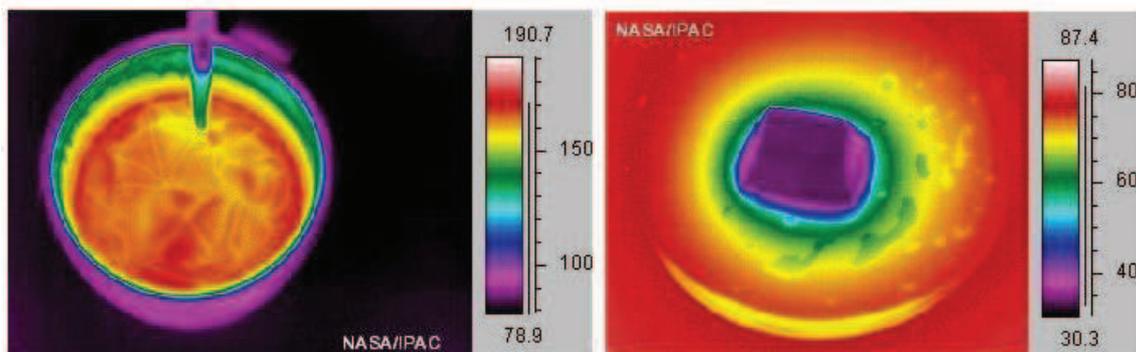


Figura 1.13. Representación del infrarrojo en escala color-temperatura

La radiación infrarroja, o radiación IR es un tipo de radiación electromagnética y térmica, de mayor longitud de onda que la luz visible, pero menor que las microondas. Consecuentemente, tiene menor frecuencia que la luz visible y mayor que las microondas. Su rango de longitudes de onda va desde unos 0,7 hasta los 1000 micrómetros. La radiación infrarroja es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea mayor que 0 Kelvin, es decir,  $-273,15$  grados Celsius que corresponde al cero absoluto.

Los infrarrojos son clasificados, de acuerdo a su longitud de onda, de este modo:

- infrarrojo cercano (de 800 nm a 2500 nm).
- infrarrojo medio (de 2.5  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$ ).
- infrarrojo lejano (de 50  $\mu\text{m}$  a 1000  $\mu\text{m}$ ).

La materia, por su caracterización energética emite radiación. En general, la longitud de onda de un cuerpo es inversamente proporcional a la temperatura de éste. De esta forma la mayoría de los objetos a temperaturas cotidianas tienen su máximo de emisión en el infrarrojo. Los seres vivos, en especial los mamíferos, emiten una gran proporción de radiación en la parte del espectro infrarrojo, debido a su calor corporal.

La potencia emitida en forma de calor por un cuerpo humano, se puede obtener a partir de la superficie de su piel y de su temperatura corporal que es alrededor de 37°C, es decir 310 K.

Esto está íntimamente relacionado con la llamada "sensación térmica", según la cual podemos sentir frío o calor independientemente de la temperatura ambiental, en función de la radiación que recibimos (por ejemplo del Sol u otros cuerpos calientes más cercanos): Si recibimos más calor del que emitimos, tendremos calor, y si recibimos menos, tendremos frío. En ambos casos la temperatura de nuestro cuerpo es constante (37°C) y la del aire que nos rodea también. Por lo tanto, la sensación térmica en aire quieto, sólo tiene que ver con la cantidad de radiación (por lo general infrarroja) que recibimos y su balance con la que emitimos constantemente como cuerpos calientes que somos. Si en cambio hay viento, la capa de aire en contacto con nuestra piel puede ser reemplazada por aire a otra temperatura, lo que también altera el equilibrio térmico y modifica la sensación térmica.

Las ondas infrarrojas se usan mucho para la comunicación de corto alcance. Por ejemplo los controles remotos de los equipos utilizan comunicación infrarroja. Estos controles son direccionales, tienen el inconveniente de no atravesar los objetos sólidos. El hecho de que las ondas infrarrojas no atraviesen los sólidos es

una ventaja. Por lo que un sistema infrarrojo no interferirá en un sistema similar adyacente al mismo. El principio de la comunicación de datos es una tecnología que se ha estudiado desde los 70's, Hewlett-Packard desarrolló su calculadora HP-41 que utilizaba un transmisor infrarrojo para enviar la información a una impresora térmica portátil, actualmente esta tecnología es la que utilizan los controles remotos de las televisiones o aparatos eléctricos que se usan en el hogar.

### 1.3.2. TIPOS DE TRANSMISIÓN CON TECNOLOGÍA INFRARROJA

Las estaciones con tecnología infrarroja pueden usar tres modos diferentes de radiación para intercambiar la energía óptica entre transmisores-receptores, así tenemos: punto a punto, cuasi-difuso y difuso.

#### 1.3.2.1. Punto a punto

En el modo punto a punto los patrones de radiación del emisor y del receptor deben de estar lo más visibles posible entre ellos, para que su alineación sea correcta, como se muestra en la figura 1.14. Como resultado, el modo punto a punto requiere una línea de vista entre las dos estaciones a comunicarse. Este es el modo que menor poder óptico consume

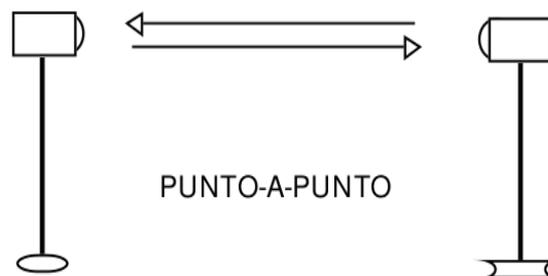


Figura 1.14. Tecnología Infrarroja. - Punto a punto.

#### 1.3.2.2. Cuasi-difuso

A diferencia del modo punto a punto, el modo cuasi-difuso es de emisión radial, es decir que cuando una estación emite una señal Óptica, ésta puede ser recibida por todas las estaciones al mismo tiempo en la célula. (ver figura 1.15).

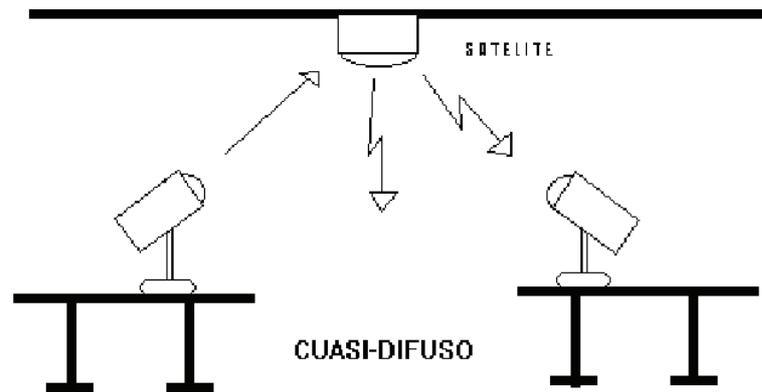


Figura 1.15. Tecnología Infrarroja. - cuasi-difuso.

En el modo cuasi-difuso las estaciones se comunican entre sí, por medio de superficies reflejantes. No es necesaria la línea de vista entre dos estaciones, pero sí deben estarlo con la superficie de reflexión. Además es recomendable que las estaciones estén cerca de la superficie de reflexión, esta puede ser pasiva o activa. En las células basadas en reflexión pasiva, el reflector debe tener altas propiedades reflectivas y dispersivas, mientras que en las basadas en reflexión activa se requiere de un dispositivo de salida reflexivo, conocido como satélite, que amplifica la señal óptica. La reflexión pasiva requiere más energía, por parte de las estaciones, pero es más flexible de usar. .

### 1.3.2.3. Difuso

En el modo difuso, el poder de salida de la señal óptica de una estación, debe ser suficiente para llenar completamente el total del sitio de aplicación, mediante múltiples reflexiones, en paredes y obstáculos del lugar. (ver figura 1.16) .Por lo tanto la línea de vista no es necesaria y la estación se puede orientar hacia cualquier lado. El modo difuso es el más flexible, en términos de localización y posición de la estación, sin embargo esta flexibilidad está a costa de excesivas emisiones ópticas.

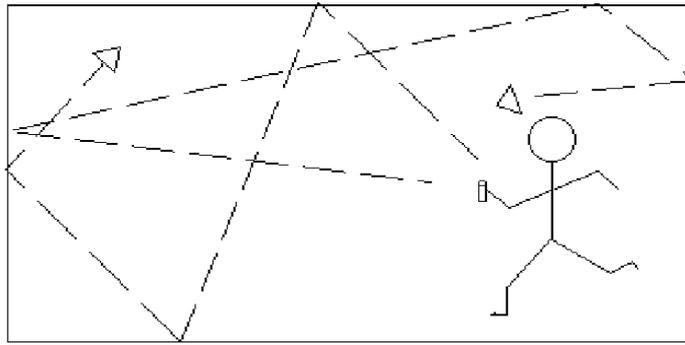


Figura 1.16. Tecnología Infrarroja. – Difuso

### 1.3.3. SENSOR

“Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas”. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, ph, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD)<sup>5</sup>, una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica, una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor ya que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha las propiedades de la variable, con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Las áreas de aplicación de los sensores son: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.”<sup>6</sup>

<sup>5</sup> ZAJIGUA/SENSORES. *¿Qué es un sensor y cuáles son los tipos de sensores?*  
<https://sites.google.com/site/zajiguasensores/tareas>

<sup>6</sup> Gonzále, Nalle. *¿Qué es un sensor?*. <https://sites.google.com/site/sensoresnallelygonzalez/>

Normalmente estos dispositivos se encuentran realizados mediante la utilización de componentes pasivos (resistencias variables, PTC, NTC, LDR, etc... todos aquellos componentes que varían su magnitud en función de alguna variable), y también la utilización de componentes activos. Hasta aquí puntualizaremos que:

- Un sensor es todo tipo de dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mida, da una señal de salida traducible que es función de la variable de medida.
- No hay que confundir el término transductor con sensor, ya que el segundo se refiere únicamente a los dispositivos que amplían nuestros sentidos para permitirnos conocer el valor de determinadas magnitudes físicas.
- Es común en un sistema de medida y control, denominar como sensores a los transductores de entrada de señal física o señal eléctrica,

En base a lo explicado anteriormente concluimos que un sensor es un dispositivo encargado de obtener una señal de respuesta y traducirla en magnitudes de entrada. Se pueden dividir en varios tipos:

### **1.3.3.1. Clasificación de sensores**

#### *1.3.3.1.1 Sensores de posición*

Su función es medir o detectar la posición de un determinado objeto en el espacio, dentro de este grupo, podemos encontrar los siguientes tipos de sensores también conocidos como captadores.

La construcción de este tipo de sensores, se encuentra basada en el empleo de una fuente de señal luminosa (lámparas, diodos LED, diodos láser etc...) y una célula receptora de dicha señal, como pueden ser fotodiodos, fototransistores o LDR, etc. (ver figura 1.17).

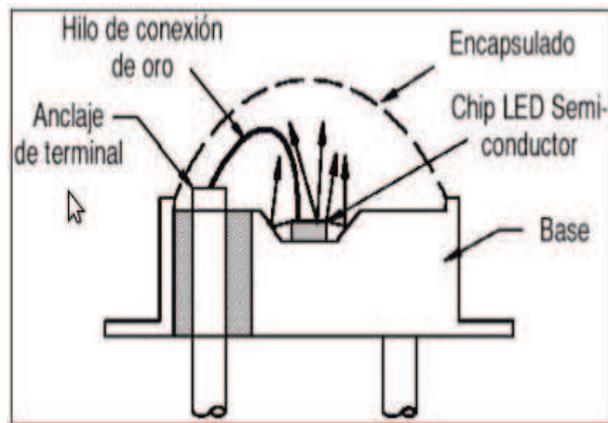


Figura 1.17. Sensores de posición.

Este tipo de sensores, se encuentran basados en la emisión de luz, como se indica en la figura 1.18 y la detección de esta emisión es realizada por los fotodetectores.

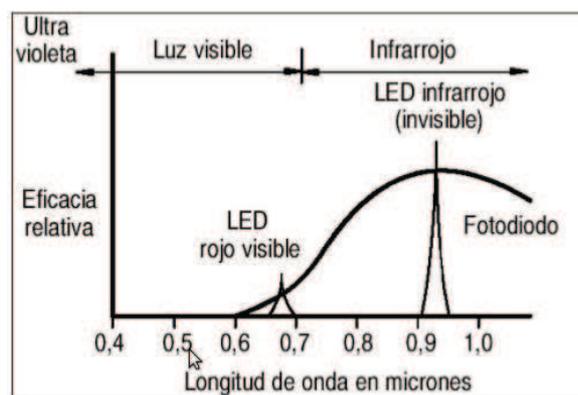


Figura 1.18. Sensores de posición – Emisiones de luz.

Según la forma en que se produzca esta emisión y detección de luz, este tipo de captadores se dividen en: sensores por barrera, y sensores por reflexión.

*1.3.3.1.1 Sensores por barrera.*- Estos detectan la existencia de un objeto, porque interfiere la recepción de la señal luminosa.

*1.3.3.1.2 Sensores por reflexión.*- La señal luminosa es reflejada por el objeto, y esta luz reflejada es captada por el captador fotoeléctrico, lo que indica al sistema la presencia de un objeto.

*1.3.3.1.2 Sensores de contacto*

Estos dispositivos, son los más simples, ya que son interruptores que se activan o desactivan si se encuentran en contacto con un objeto, por lo que de esta manera se reconoce la presencia de un objeto en un determinado lugar. (ver figura 1.19)

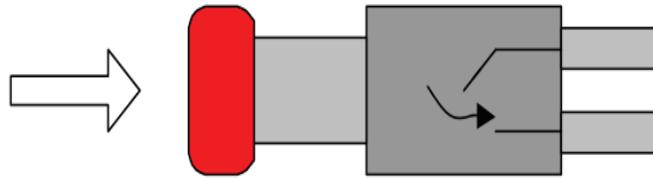


Figura 1.19. Sensores de contacto.

Este tipo de sensores, están basados en la existencia de un circuito el mismo que genera una determinada oscilación a una frecuencia prefijada, cuando en el campo de detección del sensor no existe ningún objeto, el circuito mantiene su oscilación de un manera fija, pero cuando un objeto se encuentra dentro de la zona de detección del mismo, la oscilación deja de producirse, por lo que el objeto es detectado.

Estos tipos de sensores son muy utilizados como detectores de presencia, ya que al no tener partes mecánicas, su robustez al mismo tiempo que su vida útil es elevada.

#### 1.3.3.1.3. Sensores por ultrasonidos

Este tipo de sensores, se basa en el mismo funcionamiento que los de tipo fotoeléctrico, se emite una señal de tipo ultrasónica, y esta señal es recibida por un receptor (ver figura 1.20) .De la misma manera, dependiendo del camino que realice la señal emitida se puede diferenciarlos entre los que son de barrera o los de reflexión.

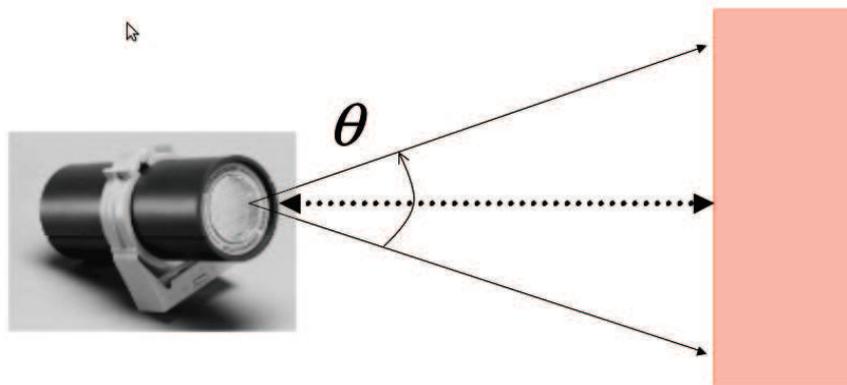


Figura 1.20. Sensores por ultrasonido.

#### 1.3.3.1.4. Sensores de movimiento

Los sensores de movimiento se basan en la tecnología de infrarrojos o las ondas ultrasónicas para poder “mapear” o captar en tiempo real los movimientos que se generan en un espacio determinado.

Este tipo de sensores es uno de los más importantes. Dentro de este tipo de sensores podemos encontrar:

1.3.3.1.4.1 Sensores de movimiento por deslizamiento.- Este tipo de sensores se utiliza para indicar con que fuerza se ha de coger un objeto para que este no se rompa al aplicarle una fuerza excesiva, o por el contrario que no se caiga. (ver figura 1.21)

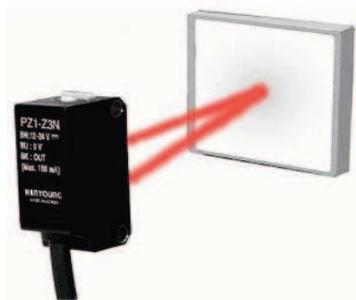


Figura 1.21. Sensores de movimiento por desplazamiento.

#### 1.3.3.1.5. Sensores de velocidad

Estos sensores pueden detectar la velocidad de un objeto tanto lineal como angular, pero la aplicación más conocida de este tipo de sensores es la medición de la velocidad angular. (ver figura 1.22) .La forma más popular de conocer la velocidad de giro de un motor, es utilizar un dinamo tacométrico acoplado al eje del objeto que se desea saber su velocidad angular.

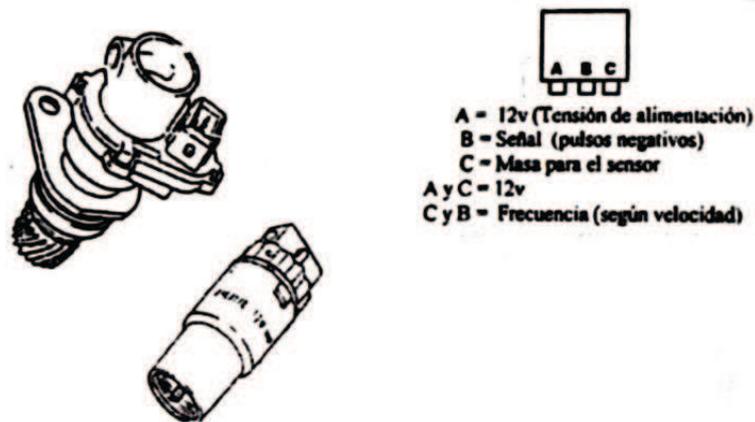


Figura 1.22. Sensores de velocidad.

Existen también otros tipos de sensores para controlar la velocidad, basados en el corte de un haz luminoso a través de un disco perforado sujetado al eje del motor, dependiendo de la frecuencia con la que el disco corte el haz luminoso indicará la velocidad del motor.

#### 1.3.3.1.6. Sensores de aceleración

Este tipo de sensores son fundamentales, ya que la información de la aceleración sufrida por un objeto o parte de un robot es de vital importancia, en vista de que si se produjere una aceleración en dicho objeto, este experimenta una fuerza que tiende a colocar el objeto en movimiento. (ver figura 1.23).

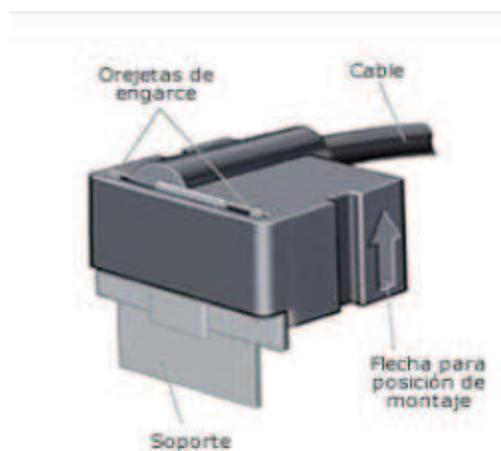


Figura 1.23. Sensores de aceleración.

Dependiendo el tipo de utilidad que se quiera desarrollar existen sensores con un sin número de características aplicables al ámbito que se desea implementar, es por ello que a continuación en la tabla 1.4 se detalla un resumen con la clasificación de los sensores más conocidos aplicables eventualmente al tema motivo de ésta investigación.

<b>Magnitud</b>	<b>Sensores</b>	<b>Característica</b>
Posición lineal o angular	Potenciómetro	Analógica
	Encoder	Digital
	Sensor Hall	Digital
Desplazamiento y deformación	Transformador diferencial de variación lineal	Analógica
	Galga extensiométrica	Analógica
	Magnetostrictivos	A/D
Velocidad lineal y angular	Magnetorresistivos	Analógica
	Dinamo tacométrica	Analógica
	Encoder	Digital
	Detector inductivo	Digital
Aceleración	Servo-inclinómetros	A/D
	Giróscopo	
	Acelerómetro	Analógico
Fuerza y par (deformación)	Servo-acelerómetros	
	Galga extensiométrica	Analógico
Presión	Triaxiales	A/D
	Membranas	Analógica
	Piezoeléctricos	Analógica
Caudal	Manómetros Digitales	Digital
	Turbina	Analógica
Temperatura	Termopar	Analógica
	Termistor NTC	Analógica
	Termistor PTC	Analógica
	[Bimetal - Termostato]	I/O
Sensores de presencia	Inductivos	I/O
	Capacitivos	I/O
	Ópticos	I/O y Analógica
Sensores táctiles	Matriz de contactos	I/O
	Piel artificial	Analógica
Visión artificial	Cámaras de video	Digital
	Cámaras CCDo CMOS	Digital
Sensor de proximidad	Sensor final de carrera	

Tabla 1.4. Clasificación de sensores

Magnitud	Sensores	Característica
	Sensor capacitivo	Analógica
	Sensor Inductivo	Analógica
	Sensor fotoeléctrico	Analógica
Sensor acústico (presión sonora)	micrófono	Analógica
Sensor de luz	fotodiodo	Analógica
	Fotorresistencia	Analógica
	Fototransistor	Analógica
	Célula fotoeléctrica	Analógica
Sensores captura de movimiento	Sensores inerciales	

Tabla 1.4. Continuación –Clasificación de sensores.

## 1.4. TECNOLOGÍA LED

### 1.4.1. GENERALIDADES

La iluminación es uno de los usos más básicos de la energía en la humanidad. Hoy, la iluminación se traduce en un 19% del consumo de la electricidad mundial (IEA 2006). La baja eficiencia (aprox. 5%) de las viejas tecnologías y el despilfarro en iluminación hacen evidente la necesidad de introducir mejoras en este sector.

La Iluminación en Estado Sólido (SSL, por sus siglas en inglés) emerge como una tecnología alternativa en iluminación con una amplia variedad de aplicaciones. Los Diodos Emisores de Luz (LEDs, por sus siglas en inglés) son la tecnología SSL de mayor disponibilidad en el mercado, ofrece una gran variedad de ventajas sobre las otras tecnologías de iluminación, desde la eficiencia, solidez y longevidad hasta la capacidad de generar de manera directa una gran cantidad de colores. Los LEDs actualmente disponibles ya están reemplazando rápidamente a otras fuentes de iluminación como así también son hoy la tecnología preferida para luces decorativas y de diferentes aplicaciones. La potencia de los LEDs, como fuente de iluminación general (luz blanca), es actualmente una de sus principales promesas de cara al futuro. En este documento se presenta la tecnología de la iluminación con LED, centrándose en sus aplicaciones, ciclo de vida y su capacidad para mejorar la eficiencia en la iluminación.

Actualmente se utilizan diferentes tecnologías en iluminación. La más antigua, la iluminación incandescente, fue inventada originalmente a fines del 1800, y a excepción de las luces halógenas, el diseño de las lámparas prácticamente no ha cambiado desde 1930.

La forma más ineficiente de iluminación eléctrica, la luz incandescente, posee una eficiencia de conversión eléctrica energía-luz de sólo el 5%. A pesar de esto, son las que más se utilizan, principalmente en el sector residencial. Consumen el 30% de la energía eléctrica usada para iluminación mientras que sólo producen un 7% de luz efectiva.

Hoy se reconoce que es necesario ponerle un final al uso de las lámparas incandescentes. Los grandes fabricantes de lámparas disminuyeron su producción (según encuestas y reportajes del año 2007) y los gobiernos de diferentes países ya presentaron iniciativas para retirar las lámparas de la venta. Las lámparas fluorescentes, la alternativa actual de iluminación de interior, representan el 64% de la iluminación generada eléctricamente y representa el 45% del uso de energía eléctrica para iluminación. La eficiencia de la iluminación fluorescente varía según el tipo de lámpara, aunque generalmente es de 5 y 8 veces mayor a las incandescentes. Todas las lámparas de iluminación eficiente son el primer paso hacia una revolución energética en lo que tiene que ver a fluorescentes, aunque en cantidades cada vez menores. La mayoría de las lámparas fluorescentes emiten luz ultravioleta debido a su modo de funcionamiento.

Está claro que, a pesar de que existe una variedad de tecnologías en iluminación actualmente en uso, ninguna es perfecta. Muchas opciones tienen todavía una eficiencia baja, principalmente en iluminación residencial e iluminación especializada. Muchos productos eficientes deben resignar otros factores como la calidad del color y su toxicidad. Evidentemente existe la necesidad de otras respuestas a la creciente demanda de luz artificial, como es el caso de los LEDs.

### 1.4.2. LEDs

Los LEDs son dispositivos en estado sólido que generan luz de una manera radicalmente diferente a otras fuentes de luz. Las lámparas incandescentes simplemente calientan un filamento de metal (tungsteno) a miles de grados Celsius debido a su resistencia al paso de la corriente eléctrica. A esta temperatura el filamento emite luz, luz que se ubica en el área infrarroja del espectro lumínico, de ahí la ineficiencia de este tipo de lámparas.

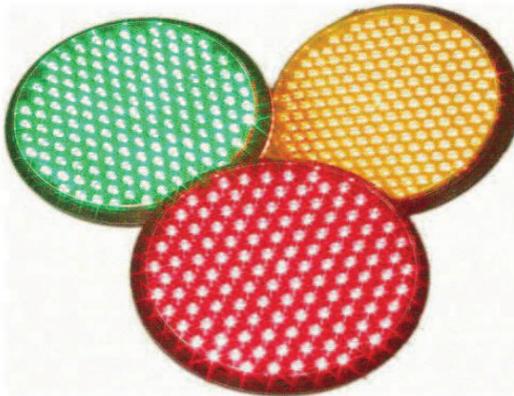


Figura 1.24. Luminarias semafóricas con leds.

Las lámparas fluorescentes generan luz al pasar corriente eléctrica a través de vapor de mercurio, esta genera una excitación que hace al vapor de mercurio emitir luz ultravioleta (UV). La luz UV golpea el fósforo dentro de la lámpara que hace que ésta se vuelva fluorescente y produzca luz blanca visible. El proceso requiere de un balasto (dispositivo electrónico) para controlar el flujo de electricidad. En los LEDs, un bajo voltaje de corriente continua (CC) circula a través de dos capas de material semiconductor. Esto resulta en la generación de fotones de luz de un reducido rango de frecuencias. El color de la luz depende del material semiconductor utilizado y del tipo de dopante (impurezas) que se le agregue. El semiconductor se aloja en una caja epoxi que además funciona como un sistema óptico (lente), que enfoca la luz producida. (ver figura 1.24) .Para uso con la red de suministro eléctrico, se necesitan controladores electrónicos y conversores de voltaje. El nivel de innovación tecnológica y de ingeniería involucrada en los LEDs modernos es mucho mayor que en las fuentes convencionales de luz.

Al ser semiconductores modernos, los LEDs se producen en instalaciones similares a las plantas de la industria electrónica y no en fábricas tradicionales de luminarias. La fabricación se basa en procesos de producción y herramientas desarrolladas por la industria electrónica (microchips), la producción se lleva a cabo en ambientes limpios. La producción del semiconductor depende de materia prima ultra pura

#### **1.4.3. BENEFICIOS DE LA LUZ LED**

La iluminación por LED promete una variedad de beneficios sobre otras fuentes de luz, entre las que podemos mencionar:

- **Mayor eficiencia.-** Potencialmente superior a todas las fuentes comunes de luz.
- **Mayor longevidad.-** Con beneficios que incluyen bajos costos de mantenimiento.
- **Mayor control de distribución de la luz.-** Los LEDs emite luz en una dirección que luego puede esparcirse (mejor que otras fuentes de las cuales la luz se emite hacia todas direcciones y debe ser reflejada hacia la dirección deseada).
- **Mayor control cromático (color).-** Gran variedad de colores posibles con variedad de LEDs.
- **Respuesta y control más rápidos.-** Los LEDs no necesitan calentarse y se pueden atenuar completamente.
- **Durabilidad superior.-** Al ser dispositivos en estado sólido, los LEDs son rígidos, sin componentes frágiles.
- **Gran variedad de temperaturas de operación.-** Los LEDs funcionan de manera muy eficiente a bajas temperaturas, a diferencia de las lámparas fluorescentes.
- **Baja generación de calor.-** Los productos son más fríos que las alternativas.

- **Sin Mercurio.**- Aún no se ha identificado un riesgo toxicológico equivalente con respecto a las unidades fluorescentes de iluminación.
- **Sin emisiones UV en los LEDs blancos.**- Beneficios potenciales en la salud versus la iluminación fluorescente, para algunas personas.
- **Imitación de la Luz de Día.**- Se especula que la iluminación LED eventualmente imitará la luz natural del día permitiéndole a la luz artificial acercarse más a los ritmos circadianos. Esto además podría ayudar a prevenir trastornos afectivos estacionales (TAE) y fomentar la productividad en las oficinas durante el día.

#### 1.4.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS LEDS

Los LEDs se producen a partir de una variedad de químicos semiconductores. Los diodos consisten de dos capas de cristal, cada una formada por dos de tres elementos. Las combinaciones más comunes incluyen InGaAlP (Indio Galio Aluminio Fosforo), AlGaAs (Arseniuro de galio y aluminio), AlGaP (Fosforo de aluminio y galio), GaN (Nitruro de Indio y Galio), con una variedad de otros combinaciones que se utilizan para aplicaciones especiales. Estas capas crecen principalmente en un zafiro de un solo cristal o en un sustrato de carburo de silicio. Las investigaciones han progresado con la finalidad de superar los desafíos técnicos asociados con el uso de otros materiales de sustrato de bajo costo (Semiconductor International 2007). Una variedad de otras capas, dopantes y materiales (como cables muy finos) normalmente se incluyen en la construcción final del diodo.

Para obtener luz blanca de un único LED, se usa un fósforo combinado con un LED azul o UV. Hay una gran variedad de fósforos disponibles. Comúnmente, estos son compuestos de tierras raras o metales de transición. El fósforo generalmente está incrustado en la cubierta epoxy que encapsula al semiconductor, protegiéndola y actuando como un sistema primario de óptica (lente) para la emisión de luz.

Los LEDs no contienen mercurio. Una gran variedad de elementos y compuestos se utilizan en la construcción del LED, la cubierta dura externa y la naturaleza de estado sólido del dispositivo deberían proteger al usuario de cualquier tipo de amenaza toxicológica durante su uso. Como en cualquier otra faceta de la tecnología de los semiconductores, el proceso que involucra a la generación de luz por semiconductor ocurre a escala atómica (cuántica). Por ello la investigación a nano-escala es esencial para mejorar estos dispositivos. En algunos casos esto sólo involucra la consideración de características estructurales a nano-escala. En otros, sin embargo, se conciben productos discretos a nano escala (Allsopp et al 2007 & Jia 2007).

#### **1.4.5. EFICIENCIA Y VIDA ÚTIL**

Una predicción de eficiencia muy citada que se puede esperar que alcancen los LEDs es de al menos 150 lm/W (lumens/watt). Esto es casi el doble de las LFC<sup>7</sup>, una y media de las LFL<sup>8</sup> y casi diez veces las lámparas incandescentes. Esta cifra la manejan varias fuentes independientes y es mucho menor a la que en teoría puede alcanzar el LED que es de 200 lm/W.

La eficiencia energética total de un sistema de iluminación puede ser juzgada en términos de energía lumínica útil entregada por unidad de energía eléctrica consumida. La eficiencia de un sistema LED depende de la provisión de energía y de la electrónica (colectivamente, llamados “drivers”).

Medir la eficiencia, comparar productos y evaluar las últimas investigaciones puede ser un desafío. La velocidad del progreso tecnológico en iluminación con LEDs derivó en productos que llegaron al mercado antes que finalicen los estándares universalmente aceptados para medir las eficiencias. Algunas iniciativas, como es el programa del Departamento de Energía de los Estados Unidos de Evaluación e Informe de Productos LED (CALIPER, por su acrónimo en inglés) ayudan a tratar este asunto.

---

<sup>7</sup> Green peace. LED: Diodos Emisores de Luz Información de la Tecnología.  
<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>

<sup>8</sup> Green peace. LED: Diodos Emisores de Luz Información de la Tecnología.  
<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>

Sin duda, a medida que la industria LED avance, este problema se resolverá rápidamente.

Los LEDs fallan de una forma diferente a las otras fuentes de luz. En lugar de detenerse de manera simple y abrupta, los LEDs reducen su intensidad de manera gradual en el tiempo. La llamada “depreciación de lumen” resultante en una reducción del 30 o 50% en potencia de luz, es considerada comúnmente como una falla. Aunque tales diferencias parecen grandes, el ojo humano no responde linealmente a los cambios en la intensidad de la luz, entonces son aceptables en términos de rendimiento. Se espera que la vida de los dispositivos LED alcance las 50.000 horas. En este período de vida y en períodos superiores, las fallas pueden surgir por la provisión de energía, más no por la falla del mismo led. Aún existen algunas dudas acerca del proceso utilizado para evaluar la vida útil de los productos LEDs, dado que 50.000 horas equivalen a 5.7 años, mucho más tiempo del que ha transcurrido desde que se han desarrollado algunos de los productos disponibles actualmente.

#### **1.4.6 LEDS EN EL TRANSITO**

Los LEDs se utilizan de manera exitosa tanto en semáforos como en señales peatonales. En los Estados Unidos se estima que todas las señales de tránsito que utilizan LED requieren el 11% de la energía que utilizan las señales incandescentes convencionales. El mercado aumentó en la longevidad de los LEDs los hacen más atractivos para estas aplicaciones ya que el cambio de las lámparas de los semáforos ocasiona interrupciones y cuesta importantes sumas de dinero. La tecnología del LED se está volviendo económicamente viable con las primeras grandes instalaciones en desarrollo (LEDs Magazine 2007c). Así como ofrecen ventajas de longevidad y eficiencia, los LEDs se pueden atenuar completamente y pueden ser diseñados para producir luz direccional, reduciendo así de manera potencial una de las principales fuentes de contaminación lumínica del cielo nocturno.

#### **1.5. MICROCONTROLADOR**

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una

memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces. Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas “embebidos”<sup>9</sup> que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

Frecuentemente se emplea la notación  $\mu\text{C}$  o las siglas MCU (por microcontroller unit) para referirse a los microcontroladores.

Entre las principales características de los microcontroladores tenemos:

- **Unidad de Procesamiento Central (CPU):** Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.
- **Memoria de Programa:** Es una memoria ROM (Read-Only Memory), EPROM (Electrically Programable ROM), EEPROM (Electrically Erasable/Programable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte o varios megabytes.
- **Memoria de Datos:** Es una memoria RAM (Random Access Memory) que puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 kilobytes.

---

<sup>9</sup> TORRES TORRITI, Miguel. Tutorial Microcontroladores Pic.  
[http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial\\_pic.pdf](http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf)

- **Generador del Reloj:** Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.
- **Interfaz de Entrada/Salida:** Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos Seriales (SPIs, Serial Peripheral Interfaces), Red de área de Controladores (CAN, Controller Area Network), USB (Universal Serial Bus).

La alta integración de subsistemas que componen un  $\mu$ C reduce el número de chips, la cantidad de pistas y espacio que se requerirían en un circuito impreso si se implementase un sistema equivalente usando chips separados.

Los microcontroladores ofrecen una amplia gama de aplicaciones y sólo algunas se exploran normalmente. Se puede programar una tarea específica para que haga el microcontrolador y cargar un programa en él con las instrucciones apropiadas.

Dentro de cada familia de dispositivos, se encontrará normalmente una selección de varios microcontroladores dependiendo de los dispositivos internos que tenga disponibles, y la capacidad de memoria de programa y datos.

Los microcontroladores también se especifican por la cantidad de bits que pueden procesar por unidad de tiempo. Un número alto de bits indica que se trata de un dispositivo rápido y de altas prestaciones. Los microcontroladores de 8 bits son muy populares y se emplean en proyectos simples, sin embargo se encuentran arquitecturas que manejan hasta 32 bits, para aplicaciones más complejas.

El consumo de potencia es otra especificación que se debe tener en cuenta, sobre todo para sistemas alimentados por baterías. Los Chips normalmente son fabricados con tecnología CMOS debido al consumo bajo que ofrece. Algunos de estos dispositivos CMOS tienen disponible un estado de espera o modo "sleep", como los computadores cuando se suspenden, el cual limita el consumo de corriente en unos cuantos microamperios cuando los circuitos se encuentran inactivos. Usando este modo de funcionamiento, el consumo de potencia puede ser reducido cuando se da espera a la entrada de datos durante la ejecución de un programa.

### 1.5.1. FAMILIA 805X, 80186 – INTEL

Los microcontroladores de la serie 8051, son la segunda generación después del 8048. Este dispositivo es muy poderoso y fácil para programar. Tiene arquitectura Harvard, es decir, que la memoria de datos y programa se encuentran por separado en su estructura (ver figura 1.25). La memoria del programa es de 64K y la memoria de datos es de 128 bytes y 256 bytes para los 8052. Hay disponible gran cantidad de software de desarrollo para los microcontroladores de esta familia que puede ser encontrado en Internet.

Intel 80186 / 80188 architecture

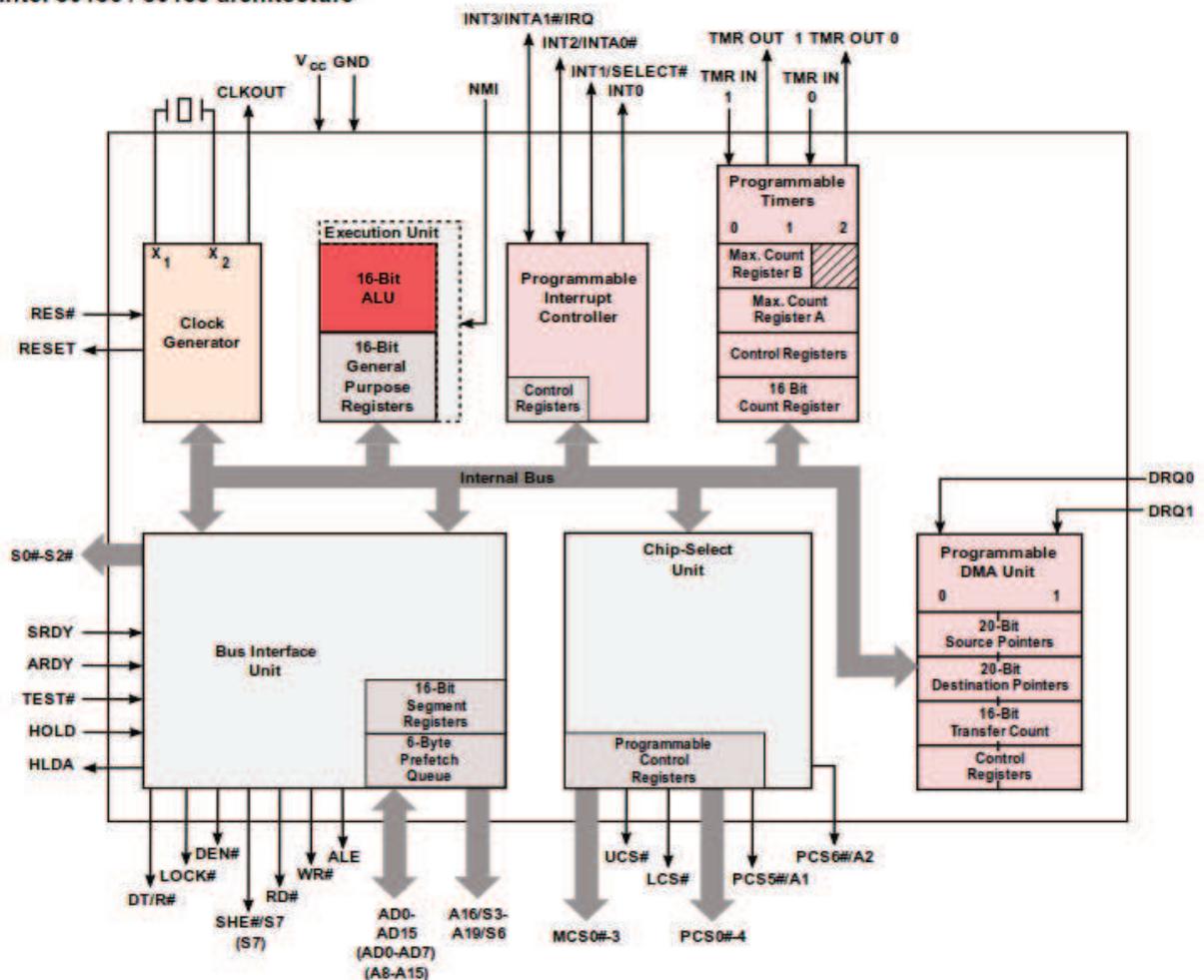


Figura 1.25. Arquitectura del Microcontrolador 80186.

La tercera generación de estos microcontroladores son los de la familia 80C196, los cuales manejan palabras de 16 bits. Entre las principales características de estos dispositivos se pueden enumerar las siguientes: efectúan operaciones de multiplicación y división el hardware multiplica y divide, 6 modos de

direccionamiento, Sistema de E/S de alta velocidad, Conversor A/D, módulo de comunicación serial, 8 fuentes de interrupción, generador de PWM, Watchdog Timer.

Existe también el microcontrolador 80386 EX, el cual tiene toda la potencialidad de un procesador 80386 pero con dispositivos adicionales que lo convierten en un microcontrolador muy potente y versátil. Este dispositivo tiene puerto serial, modos de ahorro de energía, contadores y temporizadores, memoria DRAM y fuentes de interrupción.

### 1.5.2. FAMILIA 68HC11 – MOTOROLA

El 68HC11 es un microcontrolador de 8 bits como se observa en la figura 1.26. Este microcontrolador tiene bus de direcciones interno de 16 bits con un juego de instrucciones similar al de sus predecesores de las familias 6801, 6805 y 6809. La arquitectura de estos microcontroladores es Von-Neuman, es decir, que las direcciones y los datos comparten el mismo espacio en memoria.

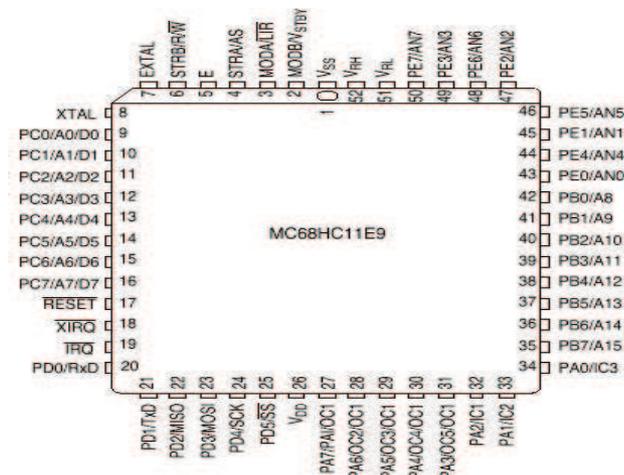


Figura 1.26. Microcontrolador 68HC11.

Dependiendo de la variedad, los 68HC11 tienen EEPROM incorporada, RAM, entradas y salidas digitales, temporizadores, conversor A/D, generador de PWM, contadores de pulsos, puerto de comunicaciones seriales sincrónicos y asincrónicos, entre otras funciones.

### 1.5.3. PIC16C - MICROCHIP

Los microcontroladores de Microchip fueron los primeros dispositivos RISC. RISC significa que el dispositivo tiene un número reducido de instrucciones, lo cual implica simplicidad en su arquitectura y bajo costo. (ver figura 1.27). Aunque estos microcontroladores tienen pocas instrucciones (33 para el PIC16CXX) en la actualidad son muy utilizados por su facilidad de programación y costo reducido. Estos dispositivos son de arquitectura Harvard, por lo cual tienen buses de datos y direcciones separadas.

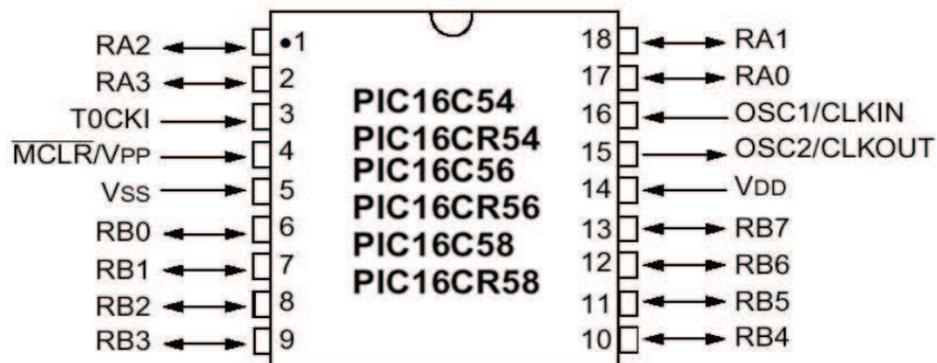


Figura 1.27. Microcontrolador PIC16C.

Los beneficios que tiene este dispositivo frente a los demás es su sencillez, lo cual permite fabricarlo en chips muy pequeños, con la ventaja adicional de consumir muy poca energía. Estos dispositivos son muy populares y generalmente se encuentran en aplicaciones en revistas de electrónica e Internet. Actualmente existen varias familias de este microcontrolador entre las cuales se pueden destacar la PIC16C5X, PIC16CXX, y la PIC17CXX, que también se pueden conseguir con memoria Flash en las familias PIC16FXXX

### 1.6. MICROCONTROLADOR PIC16FXXX

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 pines hasta 68 pines, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos.

El miembro de esta familia más conocido es el 16F84, constituido de 1.75KB de programa, 68B de RAM, 1 timer de 8 bits, entre otras características. También son muy utilizados en muchas aplicaciones los 16F866 y los 16F877.

En esta gama de microcontroladores se añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la llamada gama baja, haciéndoles más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.

El repertorio de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas. En la figura 1.28 se presentan las principales características de los modelos de esta familia.

El microcontrolador de esta familia se encuentra diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. Como éste siempre es el mismo estará grabado de forma permanente.

El temporizador que hay en esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asíncronamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo ("sleep"), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real.

Las líneas de E/S presentan una carga "pull-up" activada por software.

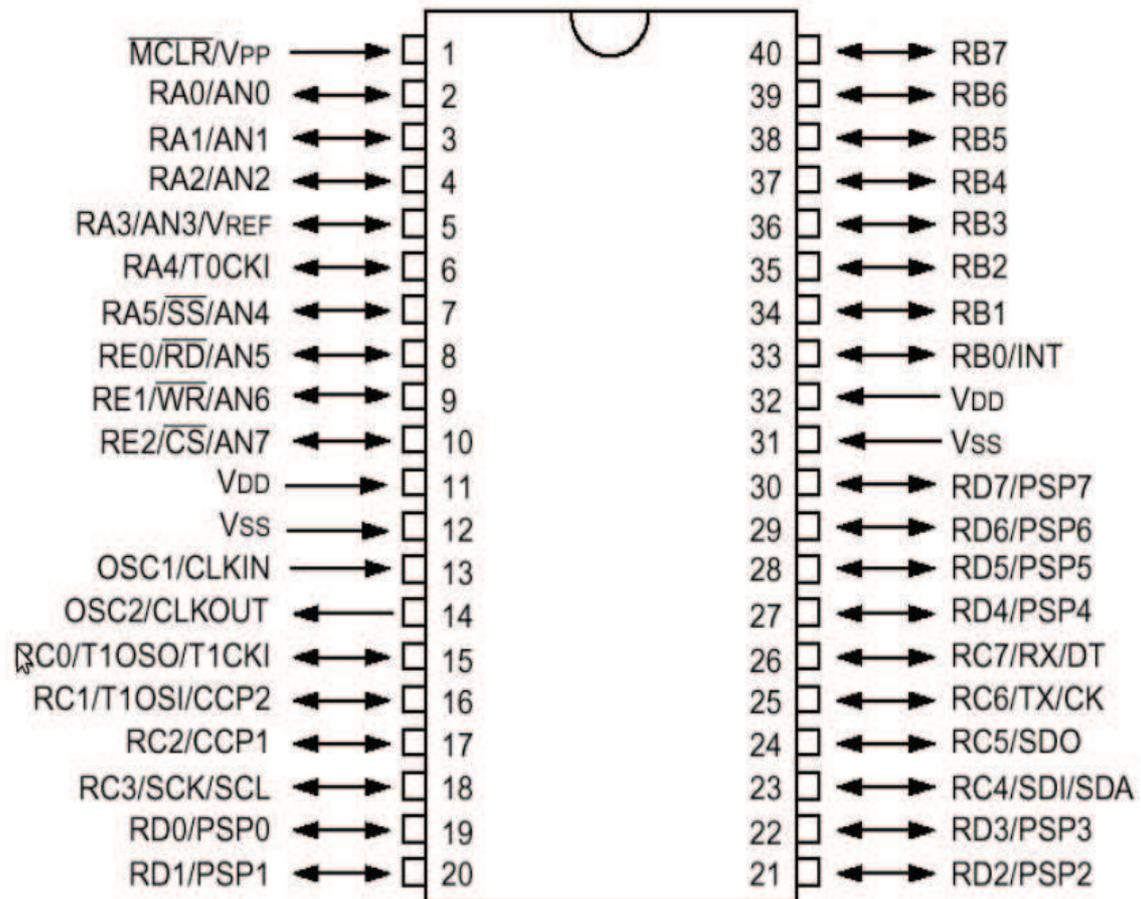


Figura 1.28. Microcontrolador pic16fxxx.

## 1.6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PINES

### 1.6.1.1. Porta: RA0-RA5:

- Los terminales RA0-RA3 y RA5 son bidireccionales y manejan señales TTL RA0 RA3 TTL. Pueden configurarse como entradas analógicas.
- El terminal RA4 como entrada es Schmitt Trigger y como salida es colector abierto. Este terminal puede configurarse como clock de entrada para el clock contador TMR0.

### 1.6.1.2. Portb: RB0-RB7:

- Los terminales RB0-RB7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- Por software se pueden activar las resistencias de pull-up internas, que evitan up

- El uso de resistencias externas en caso de que los terminales se utilicen como entrada (esto permite, en algunos casos, reducir el número de componentes externos necesarios).
- RB0 se puede utilizar como entrada de pulsos para la interrupción externa.
- RB4-RB7 se pueden utilizar para la interrupción por cambio de estado.

#### **1.6.1.3. Portc: RC0-RC7:**

- Los terminales RC0-RC7 son bidireccionales y manejan señales TTL.
- Se utilizan en los módulos de PWM, comparadores y transmisión serial.

Para que un PIC procese instrucciones, necesita un reloj cuyos impulsos determinen la velocidad de trabajo. El oscilador que genera esos impulsos está implementado dentro del circuito integrado, pero para regular, seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo hay que colocar externamente cierta circuitería entre los pines OSC1/CLKIN y OSC2/CLKOUT.

La frecuencia de reloj principal determina el ciclo de instrucción (tiempo que tarda una instrucción en ejecutarse). En los PICs, un ciclo de instrucción emplea cuatro periodos de oscilación del reloj principal. Según los componentes externos que se coloquen se configuran cuatro tipos de osciladores:

- Tipo RC: Es un oscilador de bajo costo y poca estabilidad. Solo precisa una resistencia y un capacitor externos.
- Tipo HS: Es un oscilador de alta velocidad y muy estable funciona en frecuencias comprendidas entre 4 y 20MHz. Utiliza un cristal de cuarzo o un resonador cerámico.
- Tipo XT: También emplea el cristal de cuarzo o el resonador cerámico. Trabaja en frecuencias medias, comprendidas entre 100KHz y 4MHz.

- Tipo LP: Empleado en aplicaciones de bajo consumo, lo que conlleva una frecuencia pequeña. A más velocidad, más consumo. Usa cristal o resonador, y las frecuencias de trabajo oscilan entre 35 y 200KHz.

Cuando el microcontrolador funciona en modo reposo (sleep) la potencia necesaria es menor de 3mA.

El temporizador perro guardián (watchdog) es independiente del reloj principal (posee su propio oscilador), por lo tanto en el modo de bajo consumo puede seguir funcionando. Cuando llegue al valor máximo FFh, se produce el desbordamiento del perro guardián, se iniciará tomando el valor 00h y provocará un reset. El tiempo típico es de 18ms, pero utilizando un divisor de frecuencia (programable por software) se pueden alcanzar 2.3 segundos de tiempo real. La utilización del perro guardián permite controlar los posibles cuelgues del programa, esto es si durante el programa hemos previsto poner a cero el perro guardián para evitar que se genere un reset, en el momento que por un fallo no previsto el programa se quede en un bucle sin fin, al no poder poner a cero el perro guardián, este generará un reset sacando al programa del bucle.

#### **1.6.1.4. Temporizador TMR0:**

Puede usarse como contador o temporizador de 8 bits,

#### **1.6.1.5. Temporizador TMR1:**

De los tres temporizadores disponibles en los PIC16X éste es el único que tiene un tamaño de 16 bits y que actúa como un Temporizador/Contador. Para manejar 16 bits es preciso concatenar dos registros de 8 bits: TMR1H:TMR1L, que son los encargados de guardar la cuenta en cada instante. Dicho valor evoluciona desde 0000H hasta FFFFH y al regresar nuevamente al valor 0000H se acciona la señalización TMRIF, y si se desea se puede provocar la petición de una interrupción. El valor existente en TMR1H:TMR1L puede ser leído o escrito y los pulsos de reloj que originan la cuenta ascendente pueden provenir del exterior o de la frecuencia de funcionamiento del microcontrolador.

#### **1.6.1.6. Conversor A/D:**

Los PIC16F disponen de un conversor A/D de 10 bits de resolución y 5 canales de entrada. A través de una entrada seleccionada se aplica la señal analógica a un condensador de captura y mantenimiento, luego dicho valor se introduce al conversor, que usando la técnica de aproximaciones sucesivas proporciona un resultado digital equivalente de 10 bits. La tensión de referencia puede implementarse con la tensión interna de alimentación del PIC o bien con una externa introducida por las patas RA3/AN3/VREF+ y RA2/AN2/VREF.

#### **1.6.1.7. Puerto de comunicación serie síncrono:**

Este módulo, llamado MSSP, integrado en los PIC16F87X proporciona un excelente medio de comunicación con otros microcontroladores o periféricos que trabajan en serie.

Tiene dos alternativas de trabajo:

- SPI (Serial Peripheral Interface).
- I2C (Inter-Integrated Circuit).

La comunicación en modo SPI la utilizan principalmente las memorias RAM y EEPROM y utiliza tres líneas. En el modo I2C sólo se emplean dos líneas y se usa en la comunicación de circuitos integrados diversos. Básicamente el módulo MSSP está basado en dos registros: el SSPSR, que es un registro de desplazamiento que transforma la información serie en paralelo y viceversa, y el registro SSPBUF, que actúa como buffer de la información que se recibe o se transmite en serie. En transmisión, el byte que se desea enviar se carga en el SSPBUF y automáticamente se traspasa a SSPSR, donde se va desplazando bit a bit, sacándolo al exterior al ritmo de los pulsos de reloj. En recepción, los bits van entrando al ritmo del reloj por una pata del PIC y se van desplazando en el SSPSR hasta que lo llenan, en cuyo momento se traspasa la información al SSPEUF.

En el modo SPI se utilizan tres líneas del PIC, mientras que en el modo I2C sólo se emplean dos líneas para la comunicación del PIC maestro con los circuitos integrados que funcionan como esclavos en dicho microcontrolador.

#### **1.6.1.8. Usart:**

El Usart soporta la comunicación serie síncrona y asíncrona. Puede funcionar como un sistema de comunicación bidireccional asíncrona o full dúplex, adaptándose a multitud de periféricos que transfieren información de esta manera. También puede trabajar en modo unidireccional o half duplex.

- SERIE ASÍNCRONA (Full dúplex, bidireccional).
- SERIE SÍNCRONA-MAESTRO (Half duplex, unidireccional).
- SERIE SÍNCRONA-ESCLAVO (Half duplex, unidireccional).

En el primero, las transferencias de información se realizan sobre dos líneas TX y RX, saliendo y entrando los bits por dichas líneas al ritmo de la frecuencia controlada internamente por el USART. En el modo síncrono la comunicación se realiza sobre dos líneas, la DT, que traslada los bits en ambos sentidos a la frecuencia de los pulsos de reloj que salen por la línea CK desde el maestro.

#### **1.6.1.9. Organización de la memoria.**

Hay 2 bloques de memoria en el PIC16FXXX.

La memoria de programa y la memoria de datos, cada bloque tiene su propio bus (arquitectura Harvard). La memoria de datos está dividida en:

- Memoria de uso general.
- Registros especiales.
- Memoria EEPROM.

PIC16FXXX dispone de una memoria de programa de 4096 posiciones (0000H a 03FFH) de 14 bits cada una. La memoria está dividida en 4 páginas.

- El contador de programa (PC) es el registro que contiene, en todo momento, la dirección de la próxima instrucción a ejecutarse. Este registro, de 13 bits, es capaz de direccionar hasta 8192 posiciones de memoria (más que suficiente para las 4096 del PIC16F873).

- Stack de 8 niveles. Son 8 registros de 13 bits en los que el microcontrolador va almacenando las direcciones de retorno de las diferentes subrutinas.
- La posición 0000H de la memoria es el denominado Vector de Reset. Esta es la dirección de memoria que se carga en PC cuando el microcontrolador, estando alimentado, sale del estado de reset (MCLR=5Vcc). En esta dirección se debe almacenar un GOTO al inicio del programa.
- La dirección 0004H es el denominado Vector de interrupción. Cuando el sistema de interrupciones se encuentra habilitado y se produce un evento, en PC se carga automáticamente esta dirección. En ella debe comenzar la rutina de atención a las interrupciones.

La memoria de programa propiamente dicha se divide en dos páginas (0005-07FF y 0800-0FFF).

#### **1.6.1.10. Memoria de datos**

La memoria de datos es del tipo RAM. Está compuesta por registros de 8 bits y dividida en 2 áreas:

##### *1.6.1.10.1. Registros especiales*

Cada uno tiene una función específica. Los registros especiales están repartidos en los 4 bancos, así por ejemplo tenemos los Tris, Timmers, puertas de entrada/salida digitales, etc.

##### *1.6.1.10.2. Registros de uso general*

Son los registros que le permiten al usuario almacenar valores temporalmente (variables) durante la ejecución del programa.

La memoria está dividida en 4 bancos:

- Banco 0: 000H-07FH
- Banco 1: 080H-0FFH
- Banco 2: 100H-17FH
- Banco 3: 180H-1FFH

Como se indica en la figura 1.29 cada banco se compone de 256 registros de 8 bits cada uno. Los primeros 20 registros se reservan para los registros especiales, los restantes se utilizan para uso general. No todos los registros están implementados físicamente. El banco se debe seleccionar por software. Para ello se utilizan los bits RP0 y RP1 del registro STATUS.

						File Address	
Indirect addr. <sup>(1)</sup>	00h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	80h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	100h	Indirect addr. <sup>(1)</sup>	180h
TMR0	01h	OPTION_REG	81h	TMR0	101h	OPTION_REG	181h
PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h
PORTD <sup>(1)</sup>	08h	TRISD <sup>(1)</sup>	88h		108h		188h
PCORTE <sup>(1)</sup>	09h	TRISE <sup>(1)</sup>	89h		109h		189h
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Eh
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved <sup>(2)</sup>	18Fh
T1CON	10h		90h		110h		190h
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h
SSPBUF	13h	SSPAD0	93h		113h		193h
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h
CCPR1L	15h		95h		115h		195h
CCPR1H	16h		96h		116h		196h
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes	117h	General Purpose Register 16 Bytes	197h
RCSTA	18h	TXSTA	98h		118h		198h
TXREG	19h	SPBRG	99h		119h		199h
RCREG	1Ah		9Ah		11Ah		19Ah
CCPR2L	1Bh		9Bh		11Bh		19Bh
CCPR2H	1Ch		9Ch		11Ch		19Ch
CCP2CON	1Dh		9Dh		11Dh		19Dh
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh		11Eh		19Eh
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh		11Fh		19Fh
	20h		A0h		120h		1A0h
General Purpose Register 96 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes		General Purpose Register 80 Bytes	
			EFh		1EFh		1EFh
		accesses 70h-7Fh	F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h - 7Fh	1F0h
	7Fh		FFh		17Fh		1FFh
Bank 0		Bank 1		Bank 2		Bank 3	

Figura 1.29. Microcontrolador. - Bancos de datos.

#### 1.6.1.11. Registro Option

Su función principal es controlar el TMR0 y el divisor de frecuencia, ocupa la posición 81H de la memoria de datos (dirección 1 del banco 1).

- RBPU Activa o desactiva las resistencias pull-up de la puerta B.
- INTEDG Indica cual es el flanco activo (ascendente o descendente) de la interrupción externa.
- TOCS Tipo de reloj para el TMR0, funciona como temporizador.
- PSA Asignación del divisor de frecuencias 0 a TMR0 y 1 a WDT, es decir indica el valor con el que actúa el divisor de frecuencias.

## **CAPÍTULO II**

### **DESARROLLO DE HARDWARE Y SOFTWARE**

#### **DEL PROYECTO**

##### **2.1 SOFTWARE DE DISEÑO**

Un simulador de circuitos electrónicos es una herramienta de software utilizada en el campo de la electrónica, ayuda a crear circuito que se desee ensamblar, ayudando a entender mejor el mecanismo, y ubicar las fallas dentro del mismo de manera más fácil y sencilla.

El diseño de estos programas de software llevan varios años siendo desarrollados y mejorado sus características, Uno de los primeros simuladores creados fue SPICE, desarrollado por Donald Pederson. El funcionamiento de este programa se basa en línea de código las cuales no son tan fáciles de utilizar al momento de diseñar todo un circuito complejo y el usuario debe de tener un conocimiento correcto sobre cómo utilizar esos comandos. Sin embargo, SPICE es fundamental para otros programas con mayor interactividad con el usuario. Existen muchos otros programas en el mercado que realizan la misma función, con diferentes grados de complejidad y de funcionalidad.

Proteus es un programa para simular circuitos electrónicos complejos integrando inclusive desarrollos realizados con microcontroladores de varios tipos, es una herramienta de alto desempeño con unas capacidades gráficas impresionantes. Presenta una filosofía de trabajo mediante el arrastre de sus componentes de una barra e incrustándolos en la aplicación. En la figura 2.1 se muestra la imagen del programa Proteus, al momento de ejecutarlo.

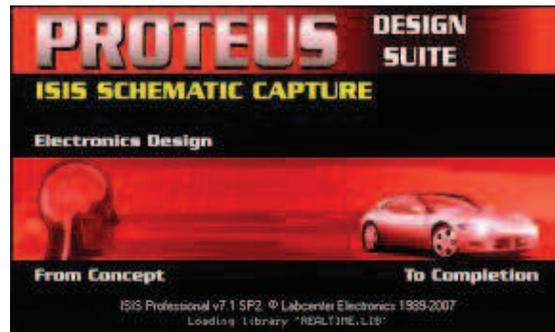


Figura 2.1. Imagen principal del programa Proteus.

Los simuladores de circuitos cuentan con múltiples herramientas que te permiten realizar casi cualquier circuito, se pueden colocar circuitería básica como resistencias, condensadores, fuentes de voltaje, leds, también se pueden usar semiconductores como compuertas AND, OR, XOR, XAND y circuitería más compleja como un TIMER, Flip Flop, Buffer y Unidades Aritmética y lógica.

Utilizar un simulador de circuitos permite al hacer pruebas sin correr el riesgo de dañar algún circuito, si eso llegase a ocurrir, implicaría mayor gasto de material semiconductor.

Cuando un circuito trabaje correctamente en el simulador, será más fácil armarlo en una tabla de prototipo o protoboard, y se puede tener la seguridad de que el circuito funcionará correctamente. Con el simulador se puede hallar de manera más fácil los errores y problemas que surgen a la hora de ensamblar los circuitos eléctricos, con algunas herramientas que los programas ya cuentan como por ejemplo: multímetros, generadores de voltaje u osciloscopios.

Algunos programas cuentan con diferentes vistas al circuito que se está armando. Se puede observar como si se estuviese conectando en un protoboard, o como un diagrama de conexiones. También se puede ver como una placa de circuitos la cual se puede mandar a fabricar con alguna compañía y así obtendrá un trabajo final funcionando.

El uso de la simulación por ordenador es una herramienta imprescindible hoy en día, al ser la forma más sencilla y rápida de comprobar el funcionamiento de un circuito. Además, no necesita ningún tipo de material adicional para el montaje del mismo o medida de los resultados.

### 2.1.1 EL SIMULADOR ISIS DE PROTEUS

El simulador ISIS de Proteus es un poderoso paquete de software, desarrollado por la compañía labcenter electronics, que se ha posicionado desde hace más de 10 años, como una de las herramientas más útiles para la simulación de los microcontroladores PICMicro. La figura 2.2 muestra el icono del software. Dicho paquete permite la simulación de las familias de los PICMicro más populares tales como la: 12F, 16F, 18F. Además de los PIC, el ISIS puede simular una gran variedad de dispositivos digitales y analógicos, entre los dispositivos digitales es posible simular displays de siete segmentos, de caracteres, y gráficos. ISIS puede simular sensores de temperatura, humedad, presión, y luminosidad, entre otros. El simulador permite, simular actuadores como: motores dc, servo motores, luces incandescentes entre otros. Es posible simular periféricos de entrada y salida como teclados, y puertos físicos del ordenador como: RS232, y USB. Este simulador cuenta con una amplia variedad de instrumentos de medición como voltímetros, amperímetros, osciloscopios, y analizadores de señal. En conclusión estas y otras características hacen del ISIS de Proteus, una herramienta ideal para el diseño y estudio de los PICMicro.



Figura 2.2. Ícono de la herramienta de Proteus ISIS.

*Proteus* ha revolucionado el concepto de simulación de circuitos electrónicos al pasar de las típicas presentaciones gráficas y textuales de información pre-procesada (al estilo PSPICE) a la simulación interactiva muchas veces en tiempo real.

El uso y trabajo bajo el torno de ISIS demanda una amplia cantidad de herramientas y opciones que se deben conocer.

A continuación se mostrará el entorno para hacer la simulación en ISIS. Como medida se debe identificar la paleta de dispositivos, que está a la izquierda de la

pantalla, en esta paleta el desarrollador debe identificar el botón P, para mayor claridad observe la figura 2.3 en donde se muestra el entorno de trabajo de ISIS:

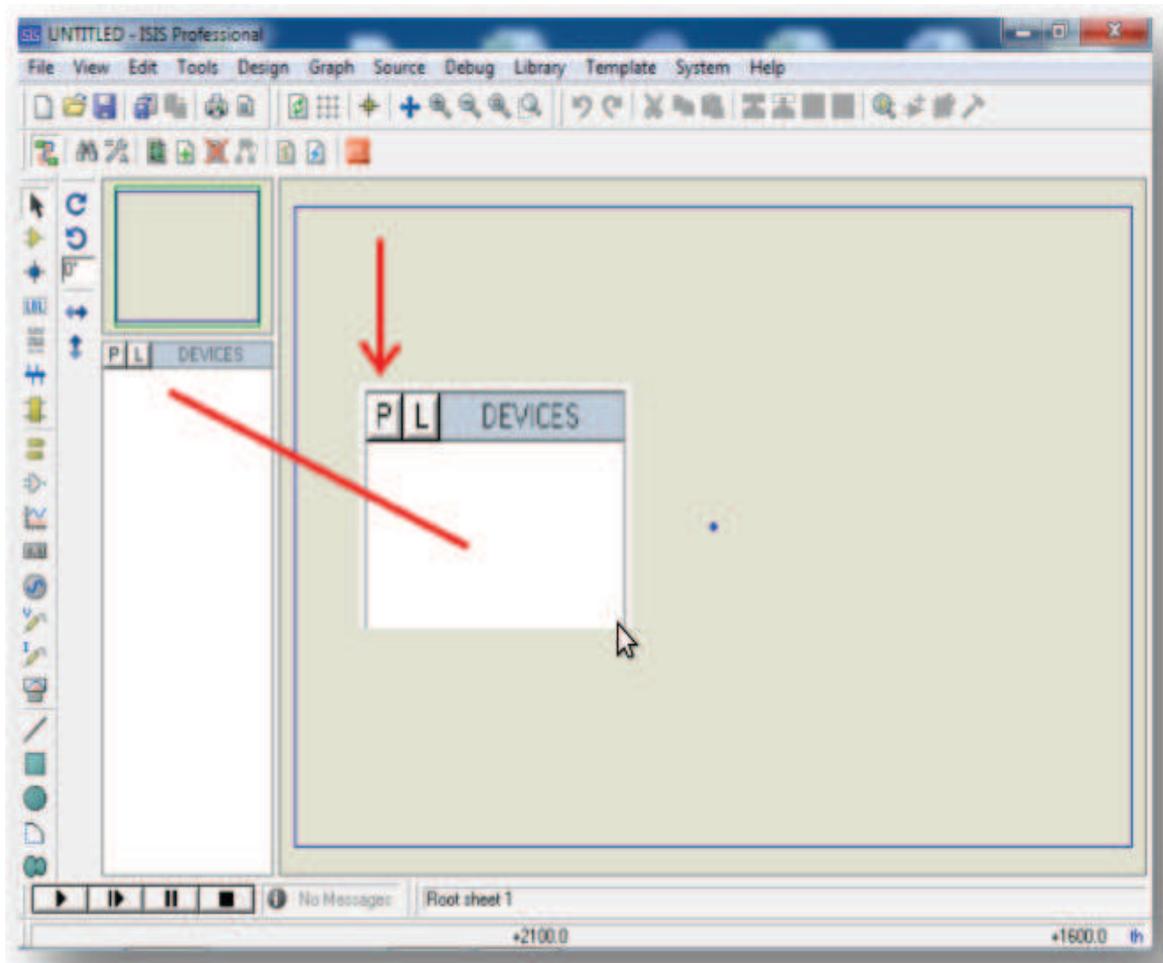


Figura 2.3. Proteus. - Entorno de trabajo.

### 2.1.2 EL SIMULADOR ARES DE PROTEUS

Software de Edición y Ruteo Avanzado, ARES, por sus siglas en inglés Advanced Routing and Editing Software es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficial (Top Copper), y de soldadura (Bottom Copper). En la figura 2.4 muestra el icono del software Ares.

Es una herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas. Mediante la figura 2.5 se muestra el área de trabajo de Ares de Proteus.

Puede ser utilizada de manera manual o dejar que el propio programa trace el ruteado, una vez colocados los componentes trazará automáticamente las pistas realizando varias optimizando el resultado.



Figura 2.4. Ícono de la herramienta de Proteus ARES.

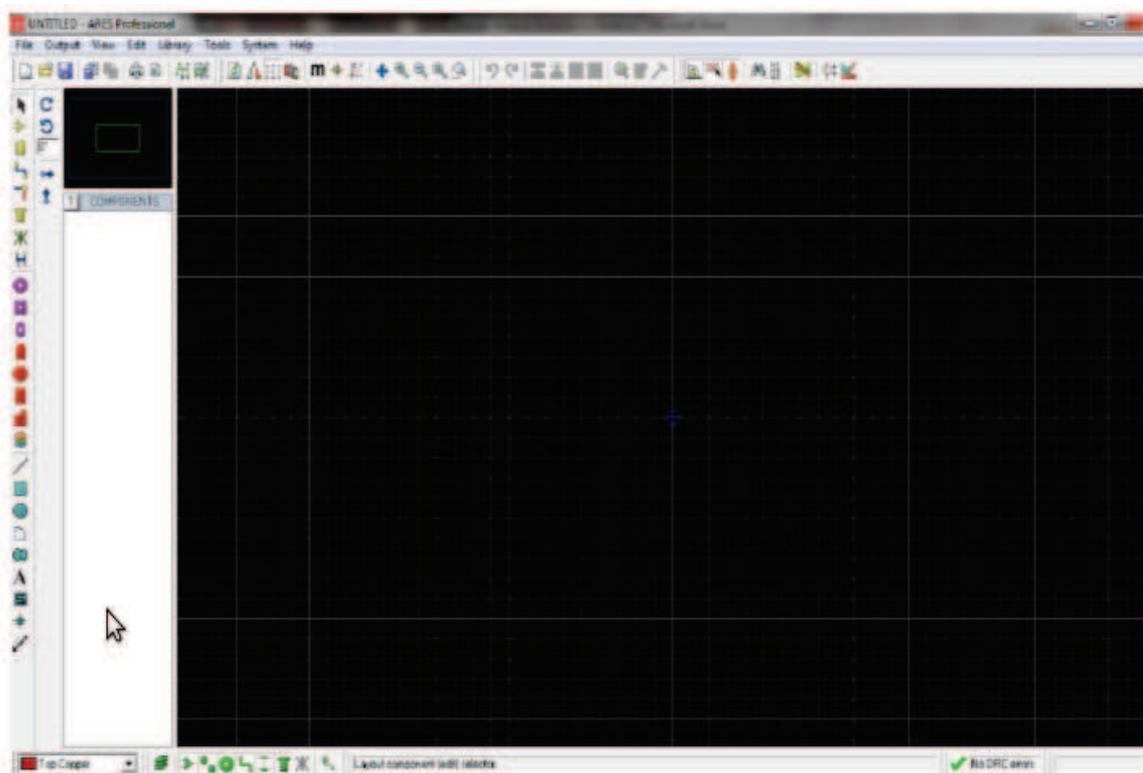


Figura 2.5. Ares. - Área de trabajo.

## 2.2 DISEÑO CIRCUITAL

Para el diseño de los circuitos electrónicos se utilizó la herramienta de software llamada Proteus, El primer paso para la realización de los diagramas, en el presente proyecto se lo realizó con la mencionada herramienta ISIS. Mediante ISIS se pudo elaborar los diagramas esquemáticos de los diferentes circuitos como son el circuito de recepción, transmisión y control.

### 2.2.1 CIRCUITO ELECTRÓNICO RECEPCIÓN

En el diagrama electrónico de la figura 2.6, se muestra el circuito básico de recepción de la señal infrarroja, utilizando el sensor TSOP 1838, el cual se emplea frecuentemente para recibir señales infrarrojas de mandos a distancia, cuya cualidad especial es la recepción de las señales incluso en presencia de fuentes de luz intensas. El sensor está conectado al microcontrolador 16F877A, permitiendo ejecutar diferentes instrucciones en función de las necesidades del diseño.

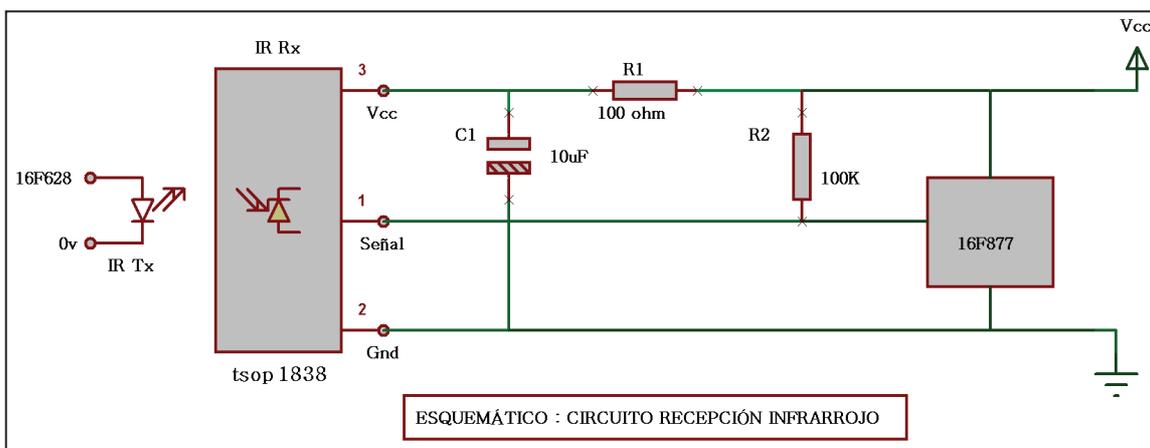


Figura 2.6. Diagrama del Circuito de Recepción Infrarrojo.

### 2.2.2 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN

El circuito encargado de emitir las señales infrarrojas se muestra en la figura 2.7, cuyo programa tiene un generador con frecuencia de 38 KHz, para que así estas señales sean compatibles con el dispositivo receptor, este circuito funciona de la siguiente manera: cuando el botón está activado, genera un tren de pulsos con una frecuencia de 38 KHz (un pulso alto y uno bajo de 26 microsegundos), pero si el botón está apagado, desactiva todos los pines que antes estaban oscilando.

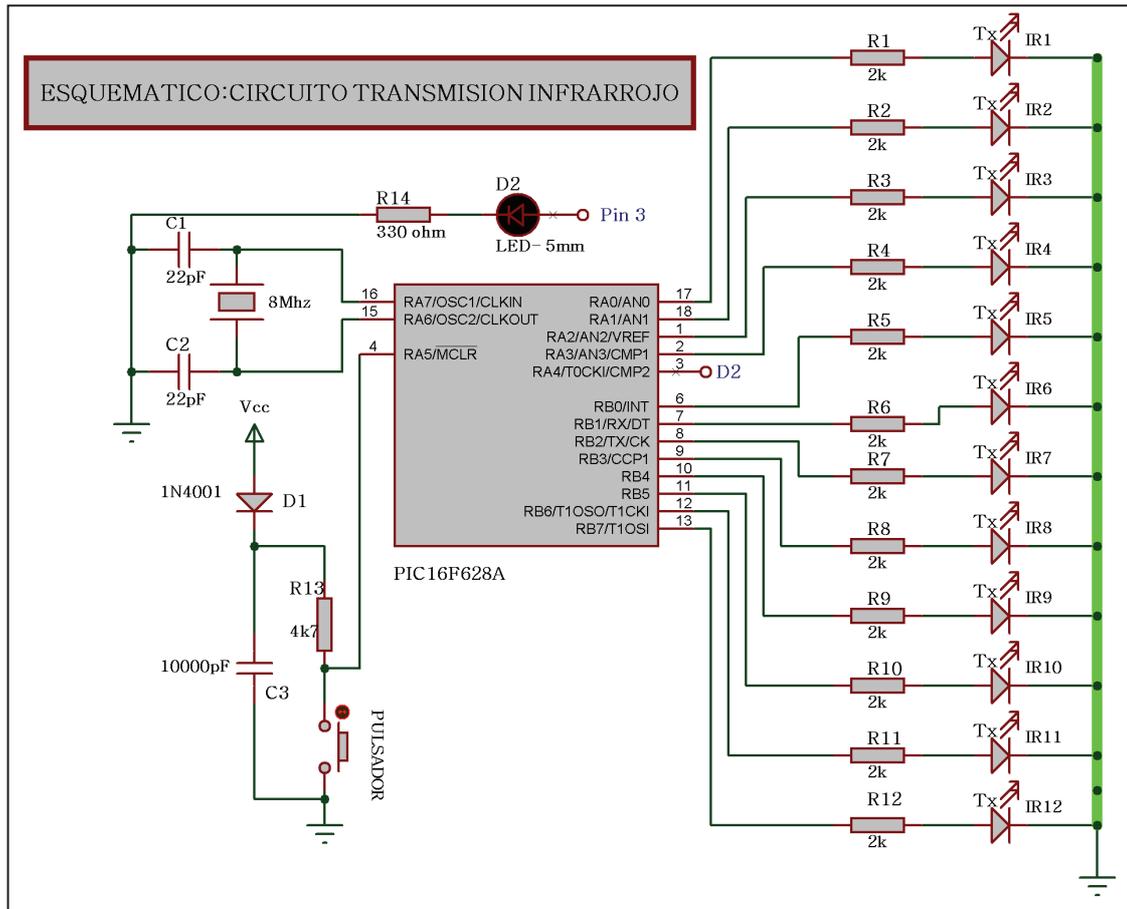


Figura 2.7. Diagrama del Circuito de Transmisión Infrarrojo.

### 2.2.3 CIRCUITO ELECTRÓNICO DE CONTROL

El circuito de control mostrado en la figura 2.8 está constituido por el microcontrolador 16F877A como el elemento principal encargado de ejecutar diferentes órdenes, en donde el código del programa está desarrollado para la semaforización inteligente, y controla la secuencia de luces de los cuatro semáforos, cada uno en sentido de los cuatro puntos cardinales. El microcontrolador cuenta con un circuito oscilador con un cristal de 8 MHz para generar la frecuencia de operación necesaria para controlar los tiempos de secuencia en las luces de los semáforos.

En el display LCD se despliega información del diseñador, este tiene una configuración de 4 bits programada para su correcto funcionamiento.

Dentro de este diseño se necesita tener un circuito de alimentación el cual utiliza una corriente alterna de 120 voltios, y pueda transformar a corriente continua para

proveer de un voltaje de 5 voltios a los dispositivos electrónicos utilizados. Primero se necesita un transformador de 120 v AC a 12 v AC con una frecuencia de 60 Hz con corriente de 2 A para que soporte la carga de todos los dispositivos que se desee proveer de energía, seguido por un puente de Diodos que transforme la señal alterna a directa y un filtro que establezca esta señal constituido por un capacitor de 2200 uF. Adicionalmente, se coloca un circuito integrado que tiene la función de regular el voltaje a 5 voltios con corriente pico de 1 amperio.

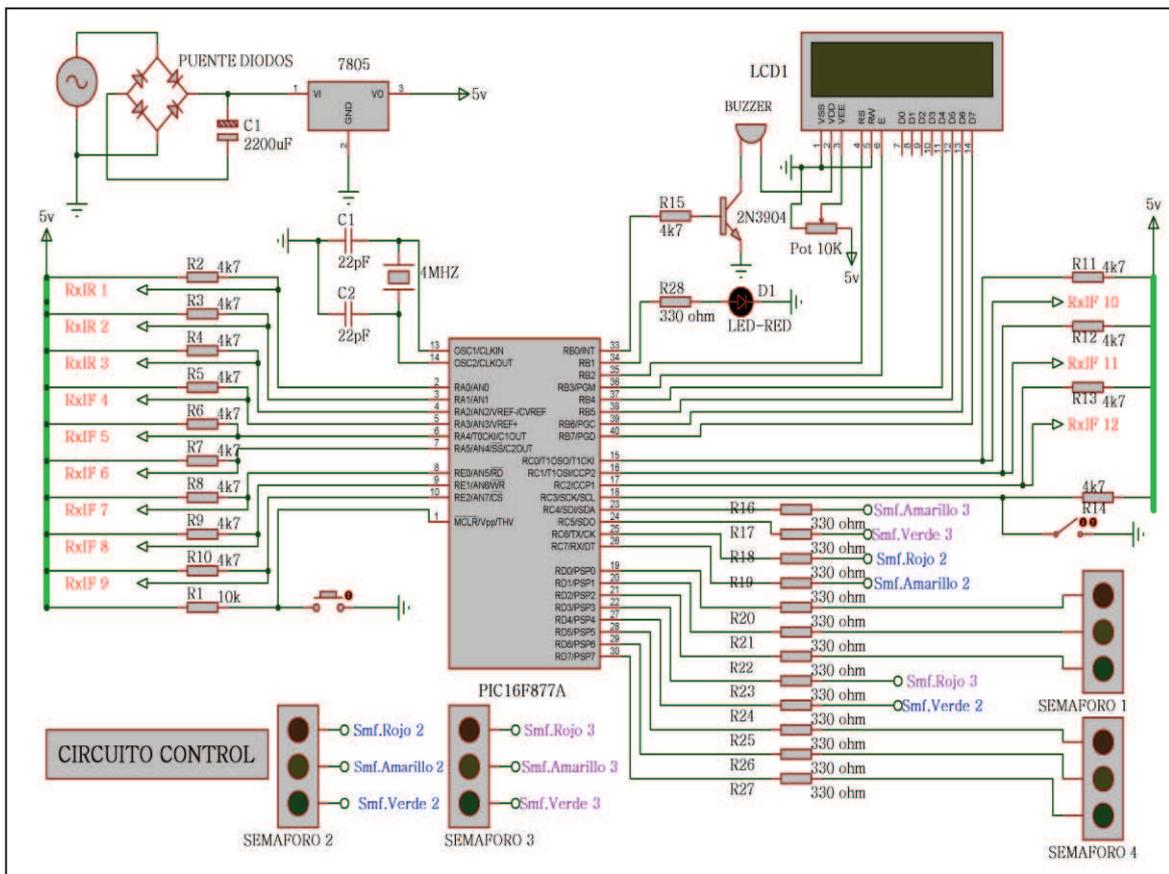


Figura 2.8. Diagrama del Circuito de Control.

## 2.2.4 LISTA DE MATERIALES ELECTRÓNICOS UTILIZADOS

En la tabla 2.1, se detallan los materiales utilizados para la implementación de las placas electrónicas del prototipo de semafORIZACIÓN inteligente.

<b>Lista de Materiales</b>	<b>Cantidad</b>
Diodos LED de 5mm y 7mm	14
Diodo Infrarrojo emisor	12
Receptor TSOP 1838	12
Capacitores varios valores	18
Resistencias varios valores	60
Espadines de conexión	60
Microcontrolador 16F877	1
Microcontrolador 16F628	1
Puente Rectificador de diodos	1
Regulador de voltaje 7805	3
Cristal 8 MHz	1
Cristal 4 MHz	1
Pulsador	1
Interruptor	3
Buzzer	1
Potenciómetro de baquelita	1
Transistor 2n3904	1
Pantalla LCD	1

Tabla 2.1: Lista de materiales electrónicos.

## 2.3 CONSTRUCCION

Una vez que se ha realizado el diseño en *Isis* y que se ha comprobado con las respectivas simulaciones que funciona correctamente, se procede a realizar el diseño de la placa electrónica mediante la herramienta de *Proteus Ares*. Para realizar este procedimiento se importa el diagrama de *ISIS* y con cuidado se coloca los elementos en el espacio de trabajo, para que de esta manera se realice la conexión de las pistas por donde va a circular la corriente eléctrica. Al realizar

la distribución de materiales se debe tomar en cuenta el tamaño real de los mismos para no tener problema al soldarlos en la placa electrónica.

En la figura 2.9 se observa el diagrama del circuito transmisor donde se encuentran distribuidos los materiales electrónicos para generar las señales infrarrojas de 38KHz.

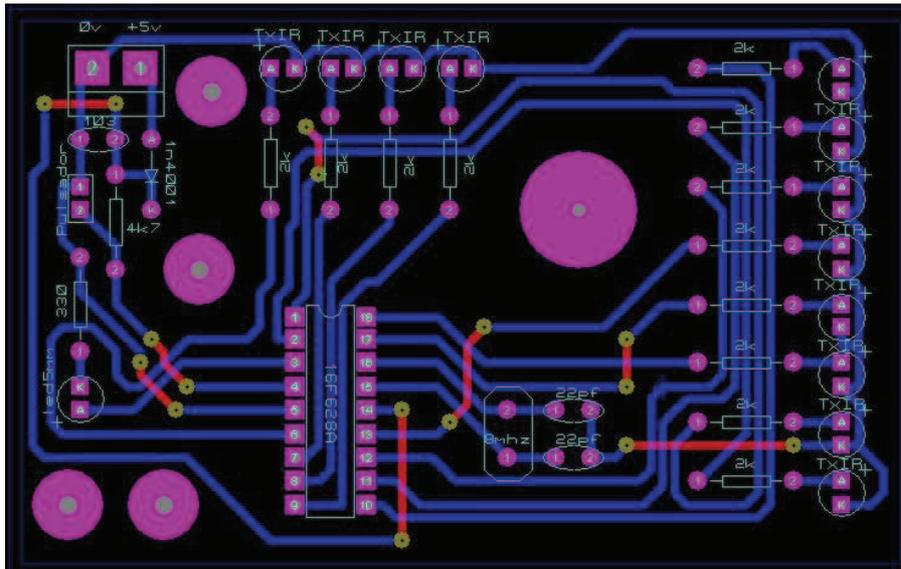


Figura 2.9. Esquema de las pistas del circuito emisor en Ares.

En la figura 2.10 tenemos el diagrama del circuito receptor que es el va a recibir las señales infrarrojas.

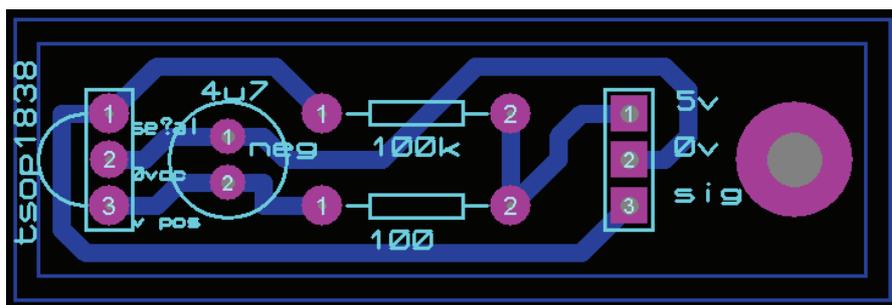


Figura 2.10. Esquema de las pistas del circuito receptor en Ares.

En la figura 2.11 se puede observar el diagrama de pistas del circuito principal del sistema de semaforización. Hay que tomar en cuenta la que los elementos en esta placa deben estar correctamente distribuidos para no tener posteriores problemas al momento de implementarlos en la placa.



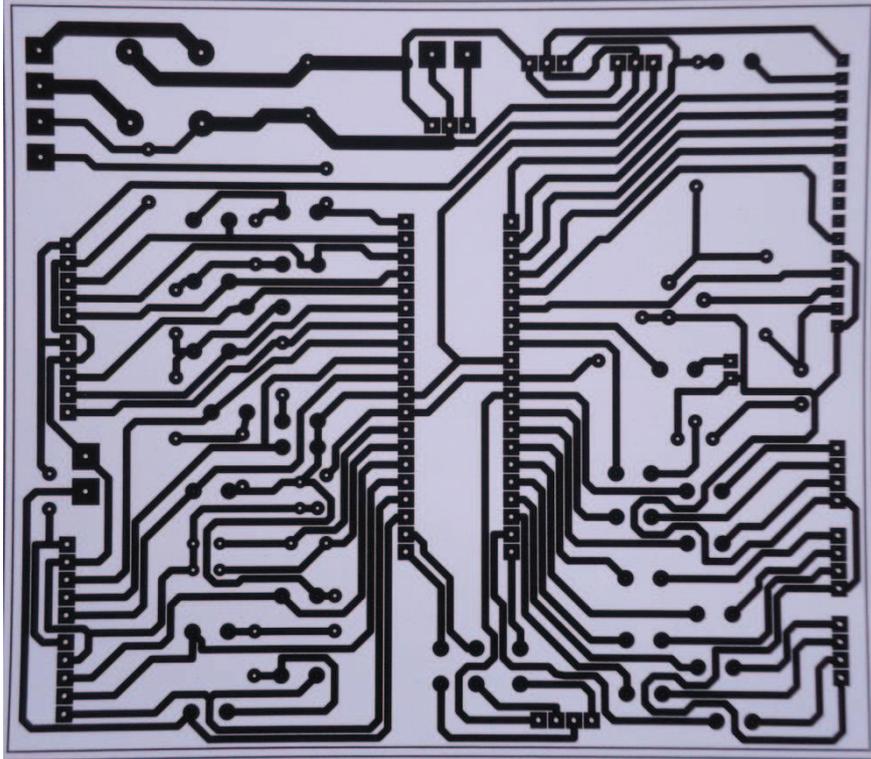


Figura 2.12. Pistas circuito control

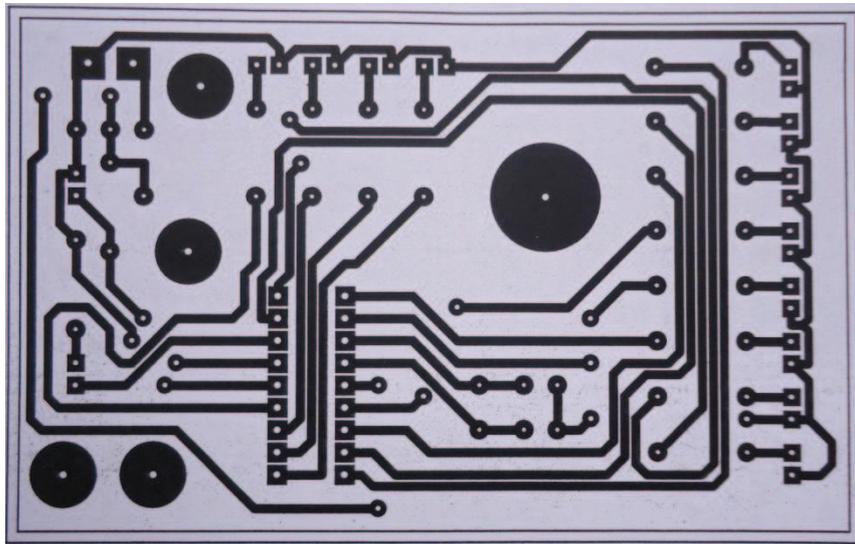


Figura 2.13. Pistas Circuito de emisión.

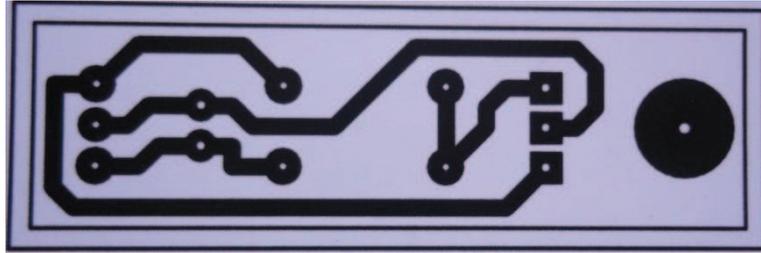


Figura 2.14. Pistas circuito recepción.

### 2.3.1 SELECCIÓN DE MATERIALES

Ya que es un proyecto piloto en el que se desea tener resultados apegados a la realidad y que además sean fiables, se debe adquirir materiales de buena calidad y acorde a las necesidades físicas que se desea presentar en la maqueta que se va a construir. A continuación se va a mostrar las imágenes de los principales elementos activos del sistema de semaforización.

En las figuras 2.15 y 2.16, se puede observar los Diodos LED que van a ser utilizados para representar las luces del semáforo.



Figura 2.15. Diodo LED color rojo de 7mm

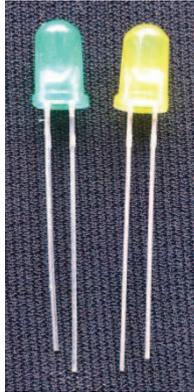


Figura 2.16. Diodos LED verde y amarillo de 5mm.

En la figura 2.17, se observa el Diodo emisor de luz infrarroja que va a ser el elemento que envíe la señal lumínica del circuito transmisor, estos elementos van a ser colocados para realizar el censado del tránsito en las avenidas de la intersección seleccionada para hacer las pruebas de funcionamiento.



Figura 2.17. Diodo emisor Luz Infrarroja.

El sensor infrarrojo presentado en la figura 2.18 es el que se encarga de recibir las señales lumínicas para de esta manera activar el sistema de semaforización controlado por el microcontrolador.



Figura 2.18. Sensor infrarrojo TSOP 1838.

Una vez que se tienen listos los materiales y las baquelitas con las pistas correctamente quemadas, se procede a soldar correctamente los elementos, obteniendo como resultado las placas electrónicas listas para sus pruebas de funcionamiento e implementación en la maqueta, Ver figuras 2.19, 2.20 y 2.21.



Figura 2.19. Placa electrónica para el elemento receptor.

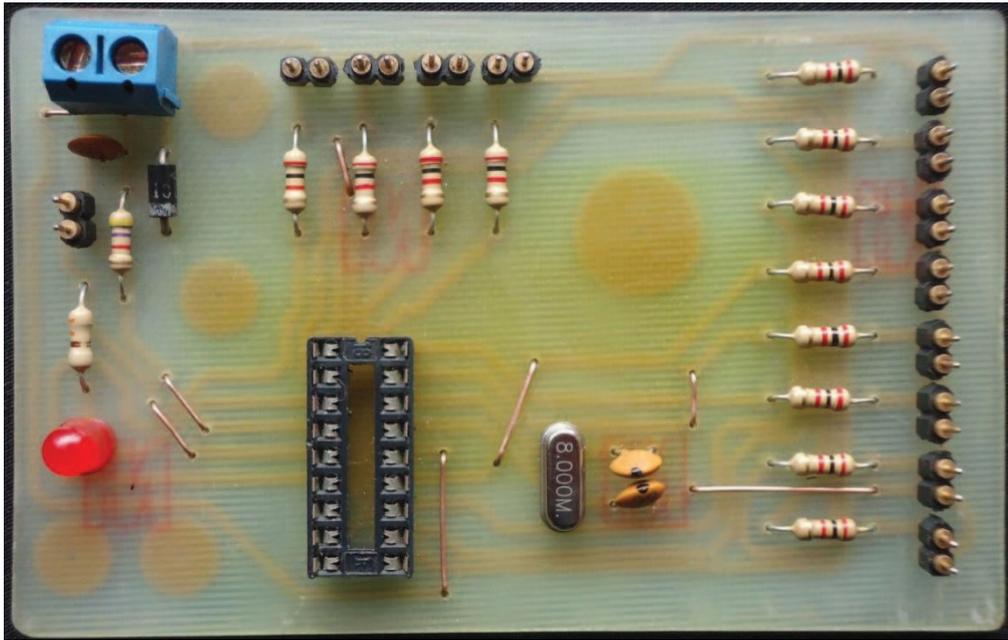


Figura 2.20. Placa electrónica circuito transmisor.

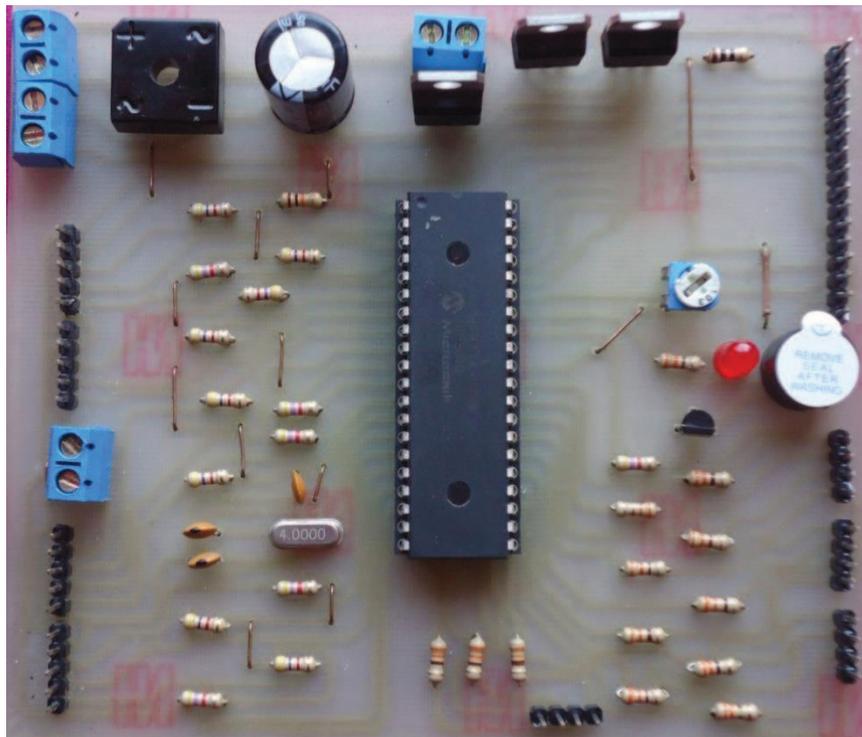


Figura 2.21. Placa electrónica circuito de control.

## 2.4 SOFTWARE DE PROGRAMACION

El lenguaje nativo de los microcontroladores es el ASM, y en el caso de la familia "16F" solo posee 35 instrucciones. Pero el ASM es un lenguaje que está mucho más cerca del hardware que del programador. Entre ellos se encuentran varios dialectos. Como el proceso de escribir un código ejecutable era considerablemente arduo, en consecuencia fue creado el primer lenguaje de programación denominado ensamblador (ASM). Siguiendo la sintaxis básica del ensamblador, era más fácil escribir y comprender el código. Las instrucciones en ensamblador consisten en las abreviaturas con significado y a cada instrucción corresponde una localidad de memoria. Un programa denominado ensamblador compila (traduce) las instrucciones del lenguaje ensamblador a código máquina (código binario).

Este programa compila instrucción a instrucción sin optimización. Como permite controlar en detalle todos los procesos puestos en marcha dentro del chip, este lenguaje de programación todavía sigue siendo popular.

Un microcontrolador ejecuta un programa cargado en la memoria Flash. Esto se denomina el código ejecutable y está compuesto por una serie de ceros y unos, aparentemente sin significado. Dependiendo de la arquitectura del microcontrolador, el código binario está compuesto por palabras de 12, 14 o 16 bits de anchura. Cada palabra se interpreta por la CPU como una instrucción a ser ejecutada durante el funcionamiento del microcontrolador.

Todas las instrucciones que el microcontrolador puede reconocer y ejecutar se les denominan colectivamente Conjunto de instrucciones. Como es más fácil trabajar con el sistema de numeración hexadecimal, el código ejecutable se representa con frecuencia como una serie de los números hexadecimales denominada código Hex. En los microcontroladores PIC con las palabras de programa de 14 bits de anchura, el conjunto de instrucciones tiene 35 instrucciones diferentes. Gracias a la miniaturización que permite incorporar cada vez más memoria dentro

de un microcontrolador sin aumentar prácticamente su costo, han surgido compiladores de lenguajes de alto nivel.

Los lenguajes de programación de alto nivel (Basic, Pascal, C etc.) fueron creados con el propósito de superar las desventajas del ensamblador. En lenguajes de programación de alto nivel varias instrucciones en ensamblador se sustituyen por una sentencia. El programador ya no tiene que conocer el conjunto de instrucciones o características del hardware del microcontrolador utilizado. Ya no es posible conocer exactamente cómo se ejecuta cada sentencia, de todas formas ya no importa. Aunque siempre se puede insertar en el programa una secuencia escrita en ensamblador.

Para la programación en Lenguaje Basic, existe una gran variedad de posibilidades en el mercado, y entre las cuales hemos elegido para esta primera edición, el Ambiente Integrado de Desarrollo Microcode Studio (IDE) de microEngineering Labs, es un Ambiente Integrado de Desarrollo de MECANIQUE, diseñado especialmente para microEngineering Labs, Inc.

#### **2.4.1 MICROCODE**

Microcode es un editor de texto como el bloc de notas de Windows, el programa está hecho principalmente para la programación de los microcontroladores.

En la figura 2.22, se tiene la interfaz y las partes del entorno de programación.

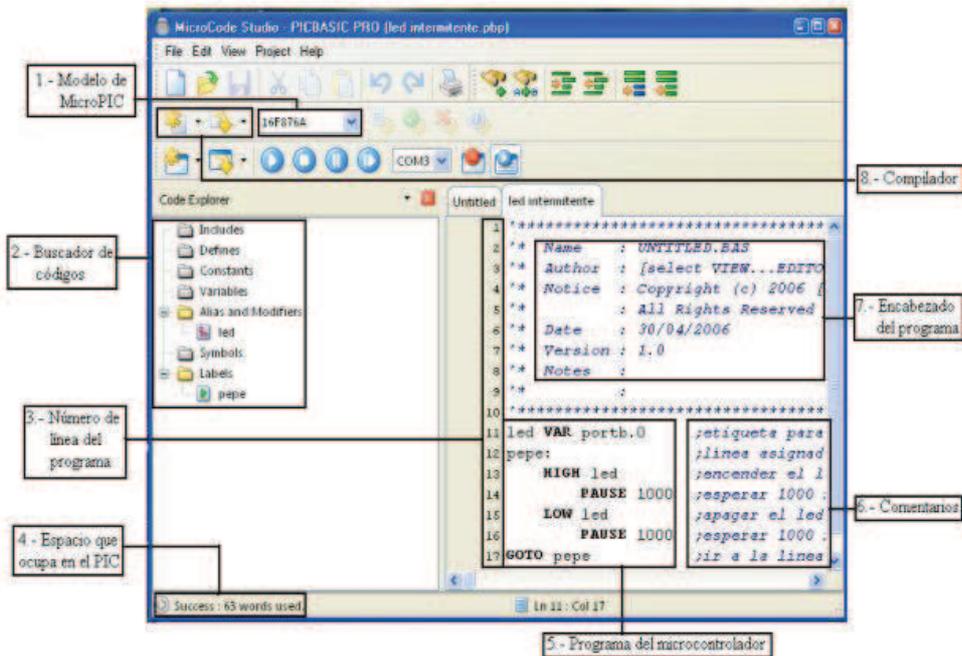


Figura 2.22. Partes del entorno de programación Microcode Studio.

Microcode al momento de realizar un programa nos da varios archivos con los cuales vamos a utilizar el archivo con extensión HEX, el mismo que ayudara para poderle abrir con el ICPROG y así poder grabar en el PIC.

El Microcode Studio ayuda de una manera sencilla el crear programas y con la ayuda del compilador se puede identificar si existe algún error en el código, también soporta sentencias en Assambler.

“El editor principal proporciona la sintaxis completa de resaltar el código con ayuda contextual sugerencias de palabras clave sensibles y la sintaxis. El explorador de código le permite saltar automáticamente para incluir los archivos, define constantes, variables, los alias y los modificadores, los símbolos y las etiquetas, que están contenidos dentro de su código fuente. Corte completo, copiar y pegar, deshacer y se proporciona, junto con las características de búsqueda y reemplazo.”<sup>10</sup>

<sup>10</sup> MicroCode Studio 4 + PicBasic Pro 2.60. [http://identi.info/downloads/88752435/MicroCode-Studio-4-\\_-PicBasic-Pro-2\\_60.html](http://identi.info/downloads/88752435/MicroCode-Studio-4-_-PicBasic-Pro-2_60.html)

### 2.4.1.1 Listado de instrucciones generales

Entre las instrucciones más usados a la hora de programar con Microcode podemos listar las siguientes:

- **FOR...NEXT:** Bucle que se utiliza para hacer operaciones en forma repetitiva.

Sintaxis:

For variable = inicio to final

Instrucciones...

Next {variable}

{step {-} incremento}

La instrucción “For...Next” se encarga de hacer repeticiones de instrucciones que permanecen dentro del lazo For... Next.

El parámetro Step afecta el incremento según el valor asignado después de esta palabra. Si este parámetro es omitido, el incremento es en una unidad.

- **END:** Fin del programa realizado.
- **STOP:** Fin del programa realizado.
- **CLEAR:** Coloca a cero a todas las variables utilizadas.
- **GOTO :** Vaya a.. Salto en la ejecución en la línea de código escrito.

Sintaxis:

GOTO etiqueta

La instrucción “Goto” continúa la ejecución de un programa a partir de la etiqueta especificada. Esta instrucción no tiene retorno.

- **HIGH:** Saca 1 lógico por un pin determinado.

Sintaxis:

HIGH pin

La instrucción “High” pone en uno lógico el pin especificado, el cual

configura automáticamente como salida.

- **INPUT:** Convierte un pin en entrada.

Sintaxis:

INPUT PIN

Designa un pin específico como entrada.

- **IF-THEN-ELSE-ENDIF:** Realiza operaciones en forma condicional.

Sintaxis:

If expresión 1 {AND / OR expresión 2} Then etiqueta

Con la instrucción “If – Them” podemos seleccionar uno, dos o más posibles comportamientos de programa, tomando decisiones en una estructura de programación sencilla y la cual será considerada casi en la totalidad de los programas.

- **LCDOUT:** Visualización de datos en un LCD.

Sintaxis:

LCDout comando, dato

La instrucción “Lcdout” envía datos específicos a una pantalla LCD Alfanumérica para que puedan ser mostrados en la misma.

- **LOW:** Saca un 0 lógico en un pin determinado.

Sintaxis:

LOW pin

La instrucción “LOW” coloca en cero lógicos un pin específico.

- **OUTPUT:** Transforma un pin en salida.
- **PAUSE:** Detiene el programa por 1 milisegundo.

Sintaxis:

PAUSE periodo

La instrucción "Pause" realiza una pausa en el programa por un periodo definido en milisegundos. Esta instrucción no pone al microcontrolador en modo de bajo consumo de energía.

- **PAUSEUS**: Detiene el programa con un microsegundo.

Sintaxis:

PAUSEUS periodo

La instrucción "PauseUs" realiza una pausa en el programa por un periodo definido en microsegundos. Esta instrucción no pone al microcontrolador en modo de bajo consumo de energía.

- **RESUME** : Continúa el programa ejecutando después de una interrupción

#### 2.4.2 ICPROG

Es un programa que permite pasar del código que se realizó en el Micro Studio code al Icprog para que éste lo cambie a un lenguaje legible, y así pueda ser ingresado al microprocesador para su ejecución en el circuito.

Al momento de abrir el ICPROG se puede visualizar una ventana, en la que se pueda escoger el tipo de PIC que se desea trabajar y revisar si el PIC está vacío o necesita ser borrado, existe también opciones con las que podemos trabajar con un reloj externo o si vamos a trabajar con el reloj interno de PIC, todos estos elementos se encuentra ubicados en el área de trabajo mostrado en la figura 2.23.

Para grabar el código en el Microcontrolador se debe tomar en consideración, que el PIC esté colocado correctamente, ya que en la mayoría de los casos son pequeños detalles que pueden ser graves al momento de grabar en el PIC, existen ocasiones que el Microcontrolador está dañado por una mala utilización al momento de colocarlo en el quemador de PIC, ya que estos Microcontroladores trabajan con la tecnología CMOS.

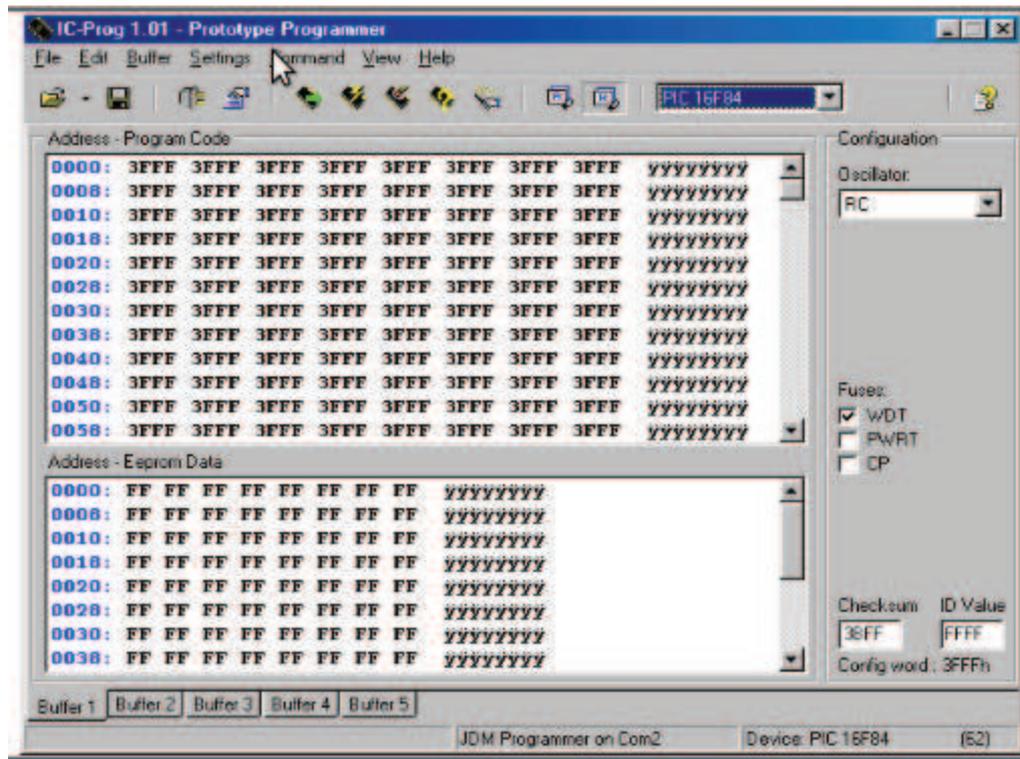


Figura 2.23. ICPROG. - Área de trabajo

## 2.5. PROGRAMACIÓN MICROCONTROLADORES

El programa para el control de la semaforización se lo realizó en el Software Microcode, el cual tiene un entorno de desarrollo integrado (IDE), facilitando la programación de los microcontroladores PIC.

En cada placa electrónica se utiliza un microcontrolador programado con un código específico que actúa de manera diferente de acuerdo a las necesidades planteadas del problema para solucionar la problemática del tránsito.

### 2.5.1 LÓGICA DE FUNCIONAMIENTO

El sistema maneja códigos diferentes para el funcionamiento en modo inteligente, cada código representa una situación vehicular diferente en la intersección, siendo los casos más extremos cuando la intersección se encuentre congestionada o totalmente habilitada.

Para el caso en el que se encuentre totalmente congestionada el sistema selecciona automáticamente el sistema tradicional de temporización.

A continuación se detalla la explicación de los códigos desarrollados para el funcionamiento del sistema.

### **2.5.1.1 Transmisor de señales**

En la placa que genera la señal infrarroja se utiliza el microcontrolador 16F628 en el que se graba el código con el siguiente funcionamiento:

Este programa tiene un interruptor para activar o desactivar el transmisor, si no está activado este elemento de control el microcontrolador no envía las señales infrarrojas. La frecuencia de emisión de luz de estos dispositivos lumínicos es de 38 KHz. Teniendo un tiempo de 13 us activados y 13 us desactivados.

Al presionar el pulsador el microcontrolador se resetea, con lo cual se enciende y se apaga 3 veces el diodo LED de este circuito por un momento, luego de esto regresa a su funcionamiento normal de emisión de luz infrarroja en la frecuencia fijada en el programa del microcontrolador.

#### *2.5.1.1.1 Código del programa de transmisión de señales*

En el siguiente código desarrollado se puede visualizar de mejor manera la lógica de la programación.

```

Cmcon=7
Define osc 8      ´ oscilador externo de 8 mhz
Led var porta.4   ´ porta.4 se llamará porta.4
Botón var porta.5 ´ boton en porta.5
X var byte
X = 0
For x = 1 to 3
High led
Pause 300

```

```

Low led
Pause 300
next
Main:
If boton = 0 then
High led
High porta.0 : high porta.1 : high porta.2 : high porta.3 : high portb.0 : high
portb.0 : high portb.1 : high portb.2 : high portb.3 : high portb.4 : high
portb.5 : high portb.6 : high portb.7
Pause 13 us
Low porta.0 : low porta.1 : low porta.2 : low porta.3 : low portb.0 : low
portb.1 : low portb.2 : low portb.3 : low portb.4 : low portb.5 : low portb.6 :
low portb.7
Pause 13 us
Else
Low led
Low porta.0 : low porta.1 : low porta.2 : low porta.3 : low portb.0 : low
portb.1 : low portb.2 : low portb.3 : low portb.4 : low portb.5 : low portb.5 :
low portb.6 : low portb.7 : low portb.7
End if
Goto main
End

```

### 2.5.1.2 Sistema de control

Este sistema funciona con el microcontrolador 16F877A con lo cual se tienen 4 puertos que se pueden utilizar para operar con los elementos necesario para este proyecto. En el circuito existe un interruptor de control de operación del sistema el cual determina su funcionamiento inteligente o temporizado.

Además, se tiene un display LCD con 2 filas de 16 caracteres para desplegar la información del funcionamiento, el cual se encuentra configurado en estado de 4 bits. Una vez que se inicia el sistema se muestra un mensaje de presentación, y además el estado de cada sensor, si el valor es 1 quiere decir que existe presencia vehicular, o si el valor es 0 no existe presencia vehicular. Estas condiciones se indican en las figuras 2.24 y 2.25.



Figura 2.24. Sensor norte 1 en valor cero



Figura 2.25. Sensor norte 1 en valor uno

Si está desactivado el interruptor el modo de funcionamiento es el inteligente, con lo cual lee las entradas de los sensores receptores de la señal infrarroja. Dependiendo el comportamiento de estos designa los estados en que deben estar las luces de los semáforos en las diferentes direcciones. Se encuentran

asignados 3 sensores para cada dirección de los 4 puntos cardinales, teniendo como consecuencia del comportamiento de los sensores en 21 estados en los cuales nos va a determinar mayor afluencia en determinado sentido para agilizar la circulación vehicular. En cada estado de funcionamiento se despliega un mensaje en la pantalla LCD indicando el código utilizado para ese comportamiento de semaforización inteligente (Anexo G).

#### *2.5.1.2.1 Código del programa del sistema de control*

A continuación se muestra el código desarrollado para que todo el sistema de semaforización funcione adecuadamente, en cual se podrá entender mejor la lógica de la programación y los tiempos tomados para cada secuencia de funcionamiento.

'semáforo inteligente'

adcon1 = 7                                   'convierto el puerto a en digital'

define osc 4

'===== defino las entradas y asigno las mismas =====

sn1 var porta.0                           'sensor norte 1

sn2 var porta.1                           'sensor norte 2

sn3 var porta.2                           'sensor norte 3

so1 var porta.3                           'sensor oeste 1

so2 var porta.4                           'sensor oeste 2

so3 var porta.5                           'sensor oeste 3

ss2 var porte.0                           'sensor sur 1

ss3 var porte.1                           'sensor sur 2

ss1 var porte.2                           'sensor sur 3

se1 var portc.0                           'sensor este 1

se2 var portc.1                           'sensor este 2

se3 var portc.2                           'sensor este 3

toggler var portc.3                       'cambiador de estado inteligente-temporizado

'==== defino las salidas y les asigno ====

```
bip var portb.0          'bip portb.0
led var portb.1          'led portb.1
vn var portd.7           'verde norte portd.7
an var portd.6           'amarillo norte portd.6
rn var portd.5           'rojo norte portd.5
vo var portd.4           'verde oeste portd.4
ao var portc.7           'amarillo oeste portc.7
ro var portc.6           'rojo oeste portc.6
vs var portc.5           'verde sur portc.5
as var portc.4           'amarillo sur portc.4
rs var portd.3           'rojo sur d.3
ve var portd.2           'verde este portd.2
ae var portd.1           'amarillo este portd.1
re Var portd.0           'rojo este portd.0
```

'==== defino variables internas auxiliares y las encero ====

```
x var byte
y var byte
x = 0
Y = 0
```

'==== asigno salidas para enviar datos a la pantalla lcd ====

```
define lcd_dreg portb    'inicio del paralelo
define lcd_dbit 4        'con el b.4
define lcd_rsreg portb  'rs en el b.2
define lcd_rsbit 2
define lcd_ereg portb    'e en el b.3
define lcd_ebit 3
```

==== creación de variables tiempo ====

```
tiempo1 var byte
tiempo2 var byte
tiempo3 var byte
tiempo4 var byte
tiempo5 var byte
tiempo6 var byte
tiempo7 var byte
tiempo1 = 56
tiempo2 = 48
tiempo3 = 40
tiempo4 = 32
tiempo5 = 24
tiempo6 = 16
tiempo7 = 8
pause 500
Lcdout $fe,1,"Maq. Prototipo"
Lcdout $fe,$c0,"Sem. Inteligente"
pause 500
Lcdout $fe,1," Walter Romero"
Lcdout $fe,$c0," ESFOT-E/T"
high bip : high led
pause 2000
low bip : low led
if sn1 = 0 then
Lcdout $fe,1,"sn1 en 0"
else
Lcdout $fe,1,"sn1 en 1"
endif
pause 1000
if sn2 = 0 then
```

```
lcdout $fe,1,"sn2 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"sn2 en 1"  
endif  
pause 1000  
if sn3 = 0 then  
lcdout $fe,1,"sn3 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"sn3 en 1"  
endif  
pause 1000  
if so1 = 0 then  
lcdout $fe,1,"so1 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"so1 en 1"  
endif  
pause 1000  
if so2 = 0 then  
lcdout $fe,1,"so2 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"so2 en 1"  
endif  
pause 1000  
if so3 = 0 then  
lcdout $fe,1,"so3 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"so3 en 1"  
endif  
pause 1000  
if se1 = 0 then  
lcdout $fe,1,"se1 en 0"  
else  
lcdout $fe,1,"se1 en 1"
```

```
endif
pause 1000
if se2 = 0 then
lcdout $fe,1,"se2 en 0"
else
lcdout $fe,1,"se2 en 1"
endif
pause 1000
if se3 = 0 then
lcdout $fe,1,"se3 en 0"
else
lcdout $fe,1,"se3 en 1"
endif
pause 1000
if ss1 = 0 then
lcdout $fe,1,"ss1 en 0"
else
lcdout $fe,1,"ss1 en 1"
endif
pause 1000
if ss2 = 0 then
lcdout $fe,1,"ss2 en 0"
else
lcdout $fe,1,"ss2 en 1"
endif
pause 1000
if ss3 = 0 then
lcdout $fe,1,"ss3 en 0"
else
lcdout $fe,1,"ss3 en 1"
endif
pause 1000
for x = 1 to 3
```

```

low vn : high an : low rn      'amarillo norte
low vo : high ao : low ro      'rojo oeste
low vs : high as : Low rs      'amarillo sur
low ve : high ae : low re      'rojo este
pause 1000
low an : low ao : low as : low ae
pause 1000
next
x = 0
low vn : low an : high rn      'amarillo norte
low vo : low ao : high ro      'rojo oeste
low vs : low as : high rs      'amarillo sur
low ve : low ae : high re      'rojo este
pause 1000
low rn : low ro : low rs : low re
'==== inicio de programa principal ====
main:
high bip
pause 5
low bip
if toggler = 0 then
goto inteligente  '0 voltios en el toggler, selector conectado
else
goto cero  '5 voltios en el toggler, selector desconectado
endif
goto main
'===subrutinas===
inteligente:
lcdout $fe,1,"Inteligente"
'cero
if sn1=1 and sn2=1 and sn3=1 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=1 and
ss2=1 and ss3=1 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then
goto cero

```

endif

'uno

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then

goto uno

endif

'dos

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then

goto dos

endif

'tres

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then

goto tres

endif

'cuatro

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=0 and So1=1 and so2=1 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=0 and se1=1 and ss2=1 and ss3=0 then

goto cuatro

endif

'cinco:

if sn1=1 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=0 then

goto cinco

endif

'seis:

if sn1=1 and sn2=0 and sn2=0 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=0 then

goto seis

endif

'siete:

if sn1=1 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=0 then

goto siete

endif

'ocho:

if sn1=1 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then

goto ocho

endif

'nueve:

if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then

goto nueve

endif

'diez:

if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=0 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then

goto diez

endif

'once

```
if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=0 and so2=0 and so3=0 and ss1=0 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then
```

```
goto once
```

```
endif
```

```
'doce
```

```
if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=0 and so2=0 and so3=0 and ss1=0 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=0 and se2=0 and se3=0 then
```

```
goto doce
```

```
endif
```

```
'trece
```

```
if sn1=1 and sn2=1 and sn3=1 and so1=0 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=0 and se2=0 and se3=0 then
```

```
goto trece
```

```
endif
```

```
'catorce
```

```
if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=0 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then
```

```
goto catorce
```

```
endif
```

```
'quince
```

```
if sn1=1 and sn2=1 and sn3=1 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then
```

```
goto quinque
```

```
endif
```

```
'dieciseis:
```

```
if sn1=1 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then
```

```
goto dieciseis
```

endif

'diecisiete

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=1 and so1=0 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=1 and se2=0 and se3=0 then

goto diecisiete

endif

'dieciocho:

if sn1=1 and sn2=1 and sn3=1 and so1=1 and so2=0 and so3=0 and ss1=1 and  
ss2=1 and ss3=1 and se1=0 and se2=0 and se3=0 then

goto dieciocho

endif

'diecinueve

if sn1=1 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=0 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then

goto diecinueve

endif

'veinte

if sn1=0 and sn2=0 and sn3=0 and so1=1 and so2=1 and so3=1 and ss1=1 and  
ss2=0 and ss3=0 and se1=1 and se2=1 and se3=1 then

goto veinte

endif

goto main

cero:                   'encienden:

lcdout \$fe,1,"Embotellamiento"

lcdout \$fe,\$c0,"Temporizado"

gosub vnrovsre

FOR X = 1 TO tiempo1                   'espera 55 segundos

pause 1000

```

next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo1   'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

uno:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 01"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo2   'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve

```

```

for x = 1 to tiempo1           'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5                 'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

dos:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 02"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo2         'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                 'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo2         'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5                 'espera 5 segundos
pause 1000
next

```

```

x = 0
goto main

tres:
'   lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 03"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo2           'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                 'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo1         'espera 55 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5               'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

cuatro:
'   lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 04"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo3

```

```

pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo3        'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5                'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

cinco:
'   lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 05"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo4
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0

```

```
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo3      'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5            'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main
```

seis:

```
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0,"codigo 06"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo4
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5            'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo4      'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5            'espera 5 segundos
pause 1000
```

```
next
x = 0
goto main
siete:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 07"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo5
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnvorsve
for x = 1 to tiempo4   'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

ocho:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 08"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo5   'espera 25 segundos
```

```

pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo5   'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

nueve:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 09"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo6   'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0

```

```

GOSUB nrvorsve
for x = 1 to tiempo5           'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5                 'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

```

diez:

```

'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0,"codigo 10"
gosub vnrvorsre
FOR X = 1 TO tiempo6         'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5               'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB nrvorsve
for x = 1 to tiempo6         'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5               'espera 5 segundos
pause 1000

```

```

next
x = 0
goto main

once:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 11"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo6          'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo6        'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5              'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

doce:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 12"
gosub vnrovsre

```

```

FOR X = 1 TO tiempo7          'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5                'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo7        'espera 25 segundos
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5              'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

trece:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 13"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5              'espera 5 segundos
pause 1000
next

```

```

x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo7
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5           'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

```

catorce:

```

'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 14"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo7
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5           'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5           'espera 5 segundos

```

```
pause 1000
next
x = 0
goto main
```

quince:

```
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 15"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo7
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB nrvorsve
for x = 1 to tiempo5
pause 1000
next
x = 0
gosub maorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main
```

dieciseis:

```
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 16"
```

```
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo5
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

diecisiete:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 17"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
```

```

next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo6
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

```

```

dieciocho:
'  lcdout $fe,1,"Inteligente"
lcdout $fe,$c0," codigo 18"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo6
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae

```

```

for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

```

diecinueve:

```
'  Lcdout $fe,1,"Inteligente"
```

```
Lcdout $fe,$c0," codigo 19"
```

```
gosub vnrovsre
```

```
FOR X = 1 TO tiempo6
```

```
pause 1000
```

```
next
```

```
x = 0
```

```
gosub anroasre
```

```
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
```

```
pause 1000
```

```
next
```

```
x = 0
```

```
GOSUB rnvorsve
```

```
for x = 1 to tiempo1
```

```
pause 1000
```

```
next
```

```
x = 0
```

```
gosub rnaorsae
```

```
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
```

```
pause 1000
```

```
next
```

```
x = 0
```

```
goto main
```

veinte:

```
'  Lcdout $fe,1,"Inteligente"
```

```

lcdout $fe,$c0," codigo 20"
gosub vnrovsre
FOR X = 1 TO tiempo6
pause 1000
next
x = 0
gosub anroasre
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
GOSUB rnvorsve
for x = 1 to tiempo1
pause 1000
next
x = 0
gosub rnaorsae
for x = 1 to 5          'espera 5 segundos
pause 1000
next
x = 0
goto main

```

'==== encendido y apagado de luces ===='

vnrovsre:

```

high vn : low an : low rn      'verde norte
low vo : low ao : high ro     'rojo oeste
high vs : low as : low rs     'verde sur
low ve : low ae : high re     'rojo este
return

```

anroasre:

```

low vn : high an : low rn     'amarillo norte
low vo : low ao : high ro     'rojo oeste

```

low vs : high as : Low rs 'amarillo sur

low ve : low ae : high re 'rojo este

return

rnvorsve:

low vn : low an : high rn 'rojo norte

high vo : low ao : low ro 'verde oeste

low vs : low as : high rs 'rojo sur

high ve : low ae : low re 'verde este

return

rnaorsae:

low vn : low an : high rn 'rojo norte

low vo : high ao : low ro 'amarillo oeste

low vs : low as : high rs 'rojo sur

low ve : high ae : low re 'amarillo este

return

end

## 2.6 ANÁLISIS DE LA PROBLEMÁTICA

Para realizar un correcto diseño del sistema prototipo de semaforización se debe analizar un sector en donde exista mucha afluencia de tráfico en la mayor parte del día y que se pueda dar una solución al problema de congestionamiento y de esta manera optimizar la circulación vehicular.

Un sector donde hay mucha afluencia de personas y vehículos, y que el tráfico causa mucha demora a las personas que se dirigen a sus trabajos o lugares de estudio, es el sector de la intersección de la avenida Naciones Unidas y avenida Río Amazonas. En este sector está rodeado por 4 centros comerciales (Unicornio, Caracol, CCI y CCNU), además existen entidades del sector público y privado ubicados en edificios aledaños, a donde las personas se dirigen a trabajar o a realizar sus gestiones diarias. En la Figura 2.26 se puede observar la señalización vertical de la intersección entre estas avenidas donde se va a analizar el tráfico existente durante el día del tráfico.



Figura 2.26. Señalización de la intersección de las calles.

En la figura 2.27 se puede observar la señalización puesta en la avenida Naciones Unidas que es en sentido Este y Oeste.

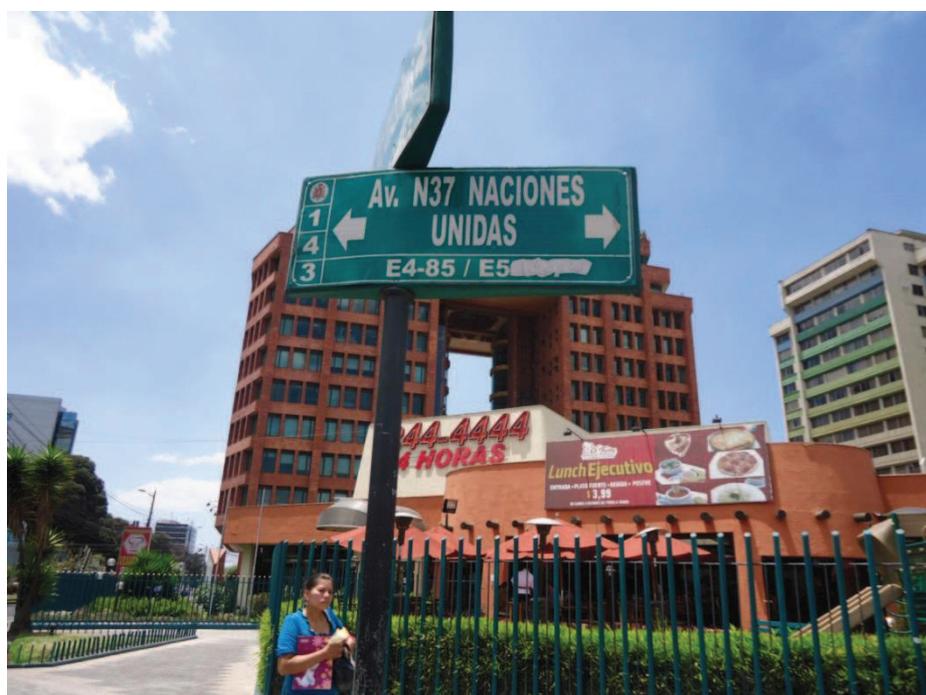


Figura 2.27. Señalización avenida Amazonas.

En la figura 2.28 se observa la señalización vertical de la avenida Amazonas que es en sentido Norte y Sur.



Figura 2.28. Señalización Avenida Río Amazonas.

A continuación se va a realizar un análisis del tránsito mediante fotos tomadas en la intersección de las avenidas Amazonas y Naciones Unidas. En la figura 2.29 tomada a las 10 de la mañana se puede apreciar el flujo de vehículos en las direcciones Norte y Sur, y la espera de otros vehículos en la avenida Naciones Unidas.



Figura 2.29. Vista del tráfico en sentido Norte Sur en la av. Amazonas.

En la figura 2.30 tomada a las 10:05 am, se muestra la concurrencia de vehículos en sentido Este y Oeste en la avenida Naciones Unidas, y la espera de otros en la avenida Naciones unidas.

En la figura 2.31 tomada a las 10:30 am, se observa que la afluencia de vehículos con afluencia en la avenida Amazonas no baja, y de la misma manera existe una cola de espera para transitar en la avenida Naciones Unidas.

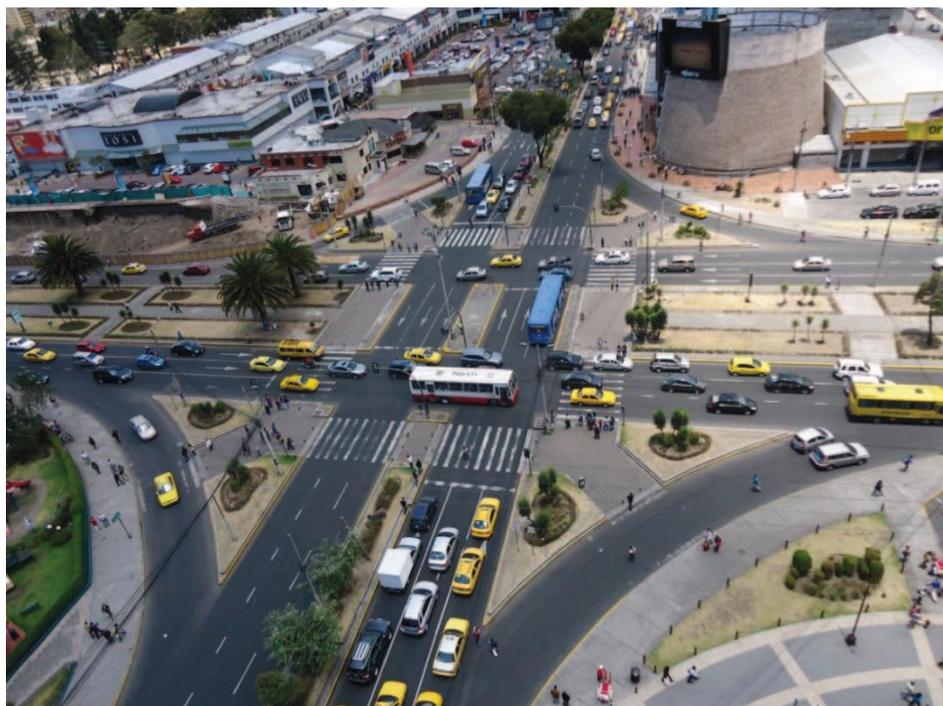


Figura 2.30. Vista del tráfico en sentido Este Oeste en la Av. NN.UU.



Figura 2.31. Vista del tráfico en las Av. Amazonas y NN.UU. sentido Norte-Sur.

En la figura 2.32 tomada a las 10:45 am, se observa el flujo de vehículos en la avenida Naciones Unidas y la espera con el semáforo en rojo en la avenida

amazonas. Segundos después fue tomada otra imagen del tráfico a la espera por transitar en la avenida Amazonas sentido Norte-Sur, presentada en la figura 2.33.



Figura 2.32. Vista del tráfico en las avenidas Amazonas y NN.UU. sentido Norte-Sur.



Figura 2.33. Vista embotellamiento en la av. Amazonas sentido Norte-Sur.

En la figura 2.34 y 2.35 se puede visualizar el embotellamiento producido tanto en la Av. Amazonas como en la Av. Naciones Unidas



Figura 2.34. Vista embotellamiento en la av. Amazonas sentido Norte-Sur.



Figura 2.35. Vista embotellamiento en la Av. NN.UU. sentido Este-Oeste.

### 2.6.1 DATOS DE CIRCULACIÓN VEHICULAR

Con datos estadísticos obtenidos en la Dirección de movilidad del distrito metropolitano de Quito, Unidad de Ingeniería de Tránsito, se puede analizar la cantidad de vehículos que circulan durante el día en ambas avenidas. En la tabla 2.2 se puede observar las fechas de inicio y fin del estudio realizado.

<b>Fecha inicio :</b>	Miércoles 30 de Julio del 2010	<b>Hora inicio:</b>	0:01
<b>Fecha final :</b>	Jueves 5 de Agosto del 2010	<b>Hora final:</b>	11:30

Tabla 2.2. Fechas y horas de inicio y fin del estudio en el primer sitio.

Las características del estudio y el sector específico donde se realizó el estudio se puede observar en la tabla 2.3. La cantidad de vehículos que transitaron en este periodo de 8 días con la frecuencia especificada se puede ver en la tabla 2.4.

<b>Barrio</b>	Iñaquito
<b>Conteos realizados</b>	Av. Naciones Unidas entre Av. Amazonas y Núñez de Vela
<b>Arch original</b>	Contador Unicorn Niop 12989
<b>Método de conteo</b>	Cada 15 minutos, cada dos ejes un vehículo

Tabla 2.3. Características y ubicación del estudio de tráfico.

<b># Total de vehículos de la dirección 1</b>	185.281 vehículos
<b># Total de vehículos de la dirección 2</b>	178.742 vehículos
<b>Suma total :</b>	364.023 vehículos

Tabla 2.4. Cantidad de vehículos que circularon durante este estudio en la NNUU.

Para el segundo análisis de tráfico en la avenida Amazonas, se observa en la tabla 2.5 las características, y en la segunda tabla 2.6 se puede ver la cantidad de vehículos y su total en el periodo de 8 días en se hizo este análisis.

<b>Barrio</b>	Ñaquito
<b>Conteos realizados</b>	Av. Amazonas entre Av. Naciones Unidas y Japón
<b>Arch original</b>	Contador Unicorn Niop 12989
<b>Método de conteo</b>	Cada 15 minutos, cada dos ejes un vehículo

Tabla 2.5. Fechas y horas de inicio y fin del estudio en el segundo sitio.

<b># Total de vehículos de la dirección 1</b>	129.142 vehículos
<b># Total de vehículos de la dirección 2</b>	125.200 vehículos
<b>Suma total :</b>	254.342 vehículos

Tabla 2.6. Cantidad de vehículos que circularon durante este estudio en la Av. Amazonas

En los sistemas de semaforización comunes controlados por tiempos fijos para el paso de vehículos en todos los sentidos de una intersección, se tienen muchos problemas de embotellamiento y largas colas de vehículos que esperan demasiado tiempo para circular. Con los datos presentados en las tablas anteriores se puede ver que el total de vehículos que transitaron por la avenida Amazonas fue 254.342 vehículos y en la avenida Naciones Unidas fue un total de 364.023 vehículos, por lo que se llega a la conclusión de que se necesita de un sistema inteligente que controle los tiempos de acuerdo al flujo vehicular en cada una de las direcciones, de esta manera se agilizará el flujo del tráfico.

La cantidad de vehículos que pasa por la intersección fue tomada en el año 2010, por lo que para el 2012 se tendrá un valor mucho mayor ya que el índice de crecimiento vehicular por año es del 4.5% en la ciudad de Quito, por lo que para el año 2013 una cantidad mucho mayor a la examinada. En la tabla 2.7 se muestran los valores estadísticos del incremento vehicular hasta el año 2013.

<b>Años</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
Total de vehículos Av. NN.UU.	364.023	16381,035	32762,07	49143,105
Total de vehículos Av. Amazonas	254.342	11445,39	22890,78	34336,17

Tabla 2.7. Estadísticas aproximadas de la cantidad de vehículos entre el 2010 y 2013.

Este crecimiento inminente ha llevado y llevará a grandes congestiones vehiculares, que hoy por hoy son uno de los problemas más grandes de la capital del país.

Sin embargo, hay que considerar que a partir del año 2010 se inició el sistema llamado Pico y Placa, que fue adoptado desde el día lunes 03 de mayo del 2010. Con el siguiente horario de restricción:

- En la mañana, de 07h00 a 09h30
- En la tarde y noche, de 16h00 a 19h30.

Aplicándose de la siguiente manera de acuerdo al último dígito de la placa vehicular:

- Los lunes no pueden transitar en las horas pico señaladas los vehículos cuyas placas terminen en 1 y 2.
- Los martes no pueden transitar en las horas pico señaladas los vehículos cuyas placas terminen en 3 y 4.

- Los miércoles no pueden transitar en las horas pico señaladas los vehículos cuyas placas terminen en 5 y 6.
- Los jueves no pueden transitar en las horas pico señaladas los vehículos cuyas placas terminen en 7 y 8.
- Los viernes no pueden transitar en las horas pico señaladas los vehículos cuyas placas terminen en 9 y 0.

Cada vehículo tiene restricción de circular solamente un día a la semana y solo 6 horas en ese día. En el resto de horas que no son pico, todos los autos pueden circular sin restricción, al igual que los fines de semana y feriados. La medida no busca impedir el uso del auto, sino racionalizar su uso. La medida se aplica a todos los vehículos particulares y oficiales: autos, camionetas, todoterrenos, incluyendo las motocicletas.

Con estas características la problemática se puede solucionar con un sistema que ayude a controlar mejor los tiempos de acuerdo al flujo del tráfico durante el día y dependiendo el día de la semana. Se plantea implementar un diseño de un sistema que tenga la capacidad de detectar el flujo vehicular a través de una serie de sensores detectores de luz infrarroja colocados a una distancia considerable, en cada calle se plantea colocar 3 sensores detectores infrarrojos dando un total de 12 dispositivos. Para esto se necesita un diseño tanto de hardware como software que adquiera la información de los sensores y proporcione tiempos adecuados para el manejo de las luces de los semáforos.

### **2.6.2 PLANO DE LA INTERSECCIÓN ESCOGIDA**

Para el presente proyecto se planteó realizar pruebas de funcionamiento del sistema de semaforización, para lo cual se eligió una intersección donde tenía un gran flujo de tráfico, y se pueda simular un ambiente similar para solucionar el problema de embotellamiento, con esto se podrá realizar las pruebas necesarias y comprobar su óptimo funcionamiento.

Para realizar la maqueta de esta intersección se tomó como referencia los <sup>11</sup>planos proporcionados por el Departamento de SemafORIZACIÓN de la Secretaría de Movilidad y Obras Públicas, que se puede observar en la figura 2.36, con el propósito de fabricarlo a escala 1:500 y que las pruebas sean más similares a la realidad.

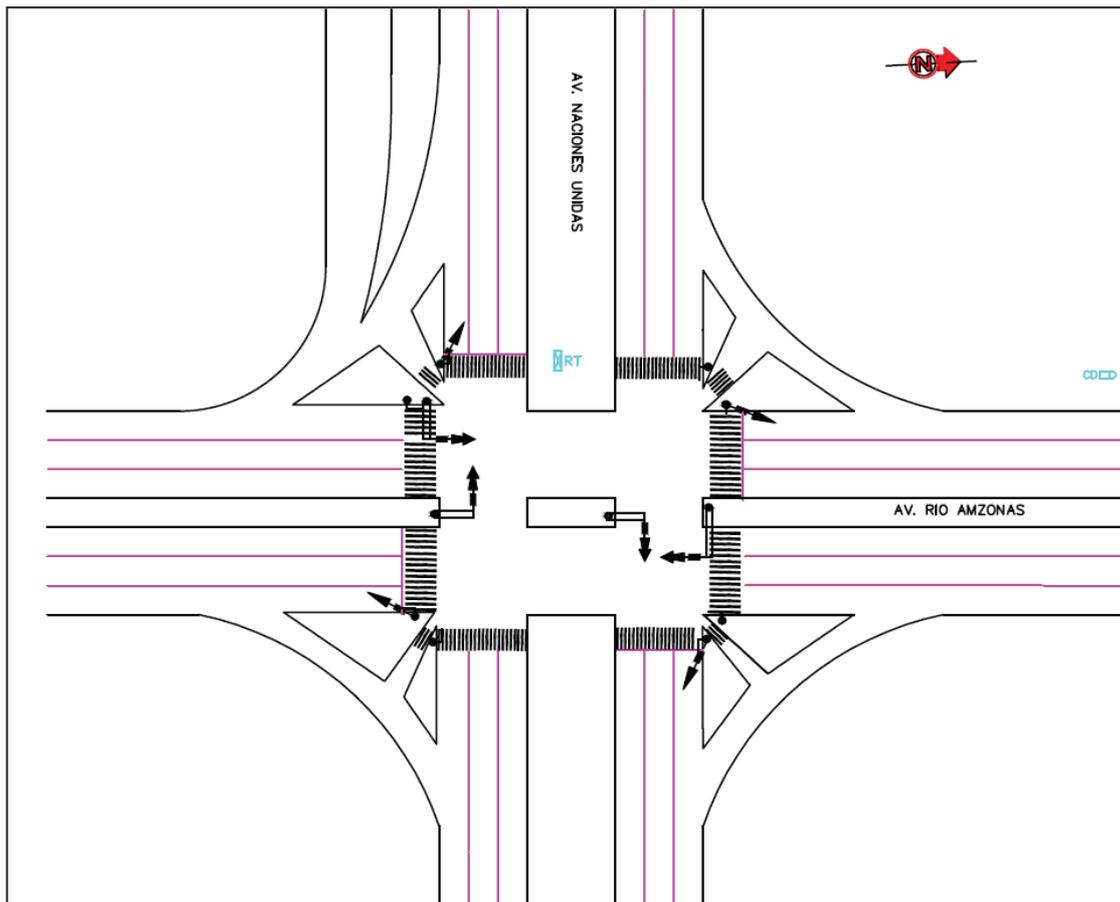


Figura 2. 36. Planos de la intersección entre las avenidas Amazonas y NNUU.

## 2.7. MAQUETA DE PRUEBAS

### 2.7.1 MAQUETA

La maqueta construida con los planos previamente analizados se muestra en la figura 2.37, esta maqueta se construyó con características similares a la realidad, con los semáforos colocados de la misma manera y con edificios y construcciones

<sup>11</sup> Plano de la intersección Av. NNUU y Av. Amazonas.  
Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas, Quito

semejantes a las que existen hoy en día. Con esto se podrá hacer las pruebas de funcionamiento del sistema de semaforzación inteligente más apegadas a lo real. En la figura 2.38, se observa una vista frontal de la maqueta vista en sentido Sur-Norte en la avenida Amazonas.



Figura 2.37. Vista superior maqueta de las avenidas Amazonas y NN.UU.



Figura 2.38. Vista frontal maqueta de pruebas.

En las figuras 2.39 y 2.40, se puede observar las imágenes de los dispositivos electrónicos implementados en las calles de la maqueta, los que están encargados de censar el paso de vehículos y enviar los datos al microcontrolador, encargado de controlar el sistema completo.

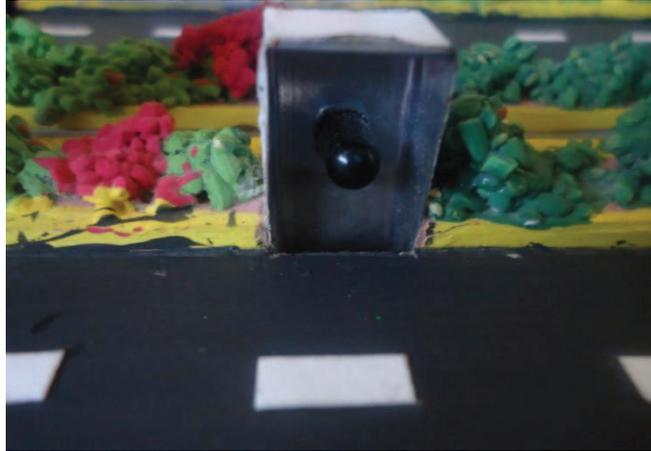


Figura 2.39. Emisor señal infrarroja implementado en la maqueta.



Figura 2.40. Receptor señal infrarroja implementado en la maqueta.

Ambos dispositivos, emisor y receptor deben estar colocados frente con frente como está representado en la figura 2.41, caso contrario la señal no se podrá recibir correctamente y el sistema dará otros resultados.



Figura 2.41. Implementación del dispositivo sensor de tráfico vehicular en la calle.

En las figuras 2.42 y 2.43, se observa la posición de los sensores implementados en las avenidas Amazonas y Naciones Unidas, en cada una de las calles se tiene 3 de estos dispositivos colocados antes del semáforo, a distancias similares como se puede apreciar en la figura 2.42.



Figura 2.42. Posición de los sensores en la avenida NN.UU.

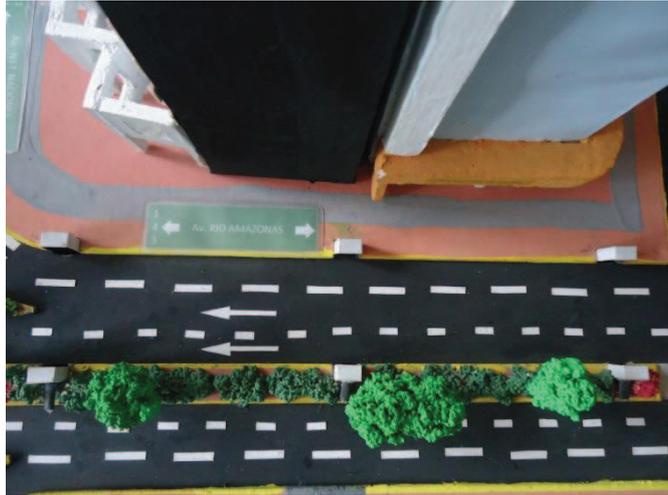


Figura 2.43. Posición de los sensores en la avenida Río Amazonas.



Figura 2.44. Vista lateral de los semáforos en la intersección.

En la figura 2.44 y 2.45, se tiene la imagen de la posición de los semáforos en cada uno de los sentidos en la intersección de las avenidas NN.UU. y Amazonas.



Figura 2.45. Semáforos colocados en la intersección de las avenidas.

Con la construcción de la maqueta con la arquitectura similar se procede a realizar pruebas de funcionamiento del sistema de semaforización inteligente.

## 2.8 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Como parte del desarrollo final del presente proyecto se realizaron pruebas de funcionamiento, simulando el tráfico para probar el programa y circuito electrónico diseñado previamente, con lo cual se podrá saber si el sistema prototipo de semaforización inteligente cumple con el objetivo planteado, minimizando los tiempos de recorrido de los usuarios. De esta manera se puede tener un prototipo para ser implementado posteriormente en la ciudad y así beneficiarnos de los resultados obtenidos de este proyecto. Además, los futuros trabajos pueden tomar como punto de partida este proyecto y desarrollar mejoras o alternativas a otras necesidades de la ciudad.

En las pruebas de funcionamiento se procedió a comprobar las funciones del sistema de semaforización, en el modo inteligente y en el modo temporizado. Este tipo de modo puede ser cambiado con el switch de control o automáticamente, y visualizado en el display LCD, como se puede ver en la figura 2.46 y 2.47.

Además, se comprobó el funcionamiento de los sensores de luz infrarroja, los cuales fueron colocados antes de cada semáforo. En la figura 2.48, se puede observar el destello de una luz, la cual solo se puede visualizar por medio del lente de una cámara fotográfica, y comprobar su funcionamiento, ya que el ojo humano no distingue la luz a esa frecuencia.



Figura 2.46. Semáforo en modo temporizado intersección congestionada



Figura 2.47. Semáforo en modo Inteligente código 12 intersección despejada



Figura 2.48. Emisor de luz infrarroja en funcionamiento.

En la maqueta construida se observa el funcionamiento inicial de los semáforos, como se muestra en la figura 2.49 y en la figura 2.50 mediante la secuencia de encendido de arranque del prototipo.



Figura 2.49. Inicio de secuencia de encendido luz amarilla.



Figura 2.50. Inicio de secuencia de encendido luz roja.

Con la luz verde en la av. NNUU (ver figura 2.51) y las luces en rojo en la av. Amazonas. Si está en el modo temporizado este cambiará a luz amarilla (ver figura 2.52), y pasados ciertos segundos a luz roja (ver figura 2.53). En cambio si está en el modo inteligente, dependerá de las condiciones del tráfico para que cambie de color el semáforo, agilitando el tránsito de los vehículos.



Figura 2.51. Semáforo en verde av. NNUU



Figura 2.52. Cambio de verde a Amarillo, av. NNU



Figura 2.53. Cambio de Amarillo a rojo, av NNUU

Al igual que en la anterior avenida en las figuras 2.54, 2.55 y 2.56, se puede observar las secuencias de las luces de semaforización.

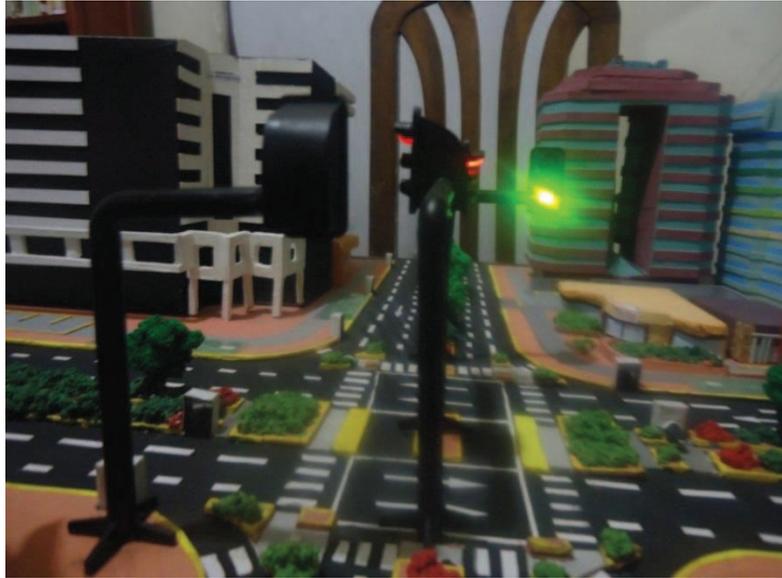


Figura 2.54. Semáforo verde av. Amazonas



Figura 2.55. Cambio de verde a Amarillo av. Amazonas.



Figura 2.56. Cambio de rojo a Amarillo, av. Amazonas.

De acuerdo al comportamiento del tráfico las señales emitidas por los sensores enviarán al microcontrolador y este se encargará de sincronizar la secuencia de encendido de las luces de los semáforos conforme a lo programado, en cada uno de los semáforos, haciendo que el tráfico sea fluido y no haya embotellamientos. La otra forma de funcionamiento es por tiempos, que es otra alternativa de la semaforización que se puede dar en el caso de que se congestione las dos avenidas pasando automáticamente a la semaforización temporizada o tradicional.

### 2.8.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con las pruebas de funcionamiento realizadas en el sistema modelo se pudo visualizar las facilidades de circulación vehicular que se presentan sobre todo en las horas críticas y en condiciones de tráfico bastante comunes.

Los tiempos observados para el modo temporizado tienen mayor duración en relación a los tiempos en modo inteligente, esto demuestra la diferencia que existe entre los dos sistemas, indicándonos que el sistema temporizado no responde en función a las condiciones vehiculares exigidas en el momento, sino que presenta una lógica estacionaria en cada diferente situación vehicular.

## CAPITULO III

### CONCLUSIONES

- La elaboración de la maqueta prototipo nos demostró la diferencia que existe entre las aplicaciones tradicionales frente a las aplicaciones contemporáneas, permitiéndonos ver que la única finalidad de estas nuevas propuestas es ayudarnos a mejorar la calidad de vida.
- El sistema de semaforización temporizado, es el más aplicado en todo el mundo, pero probablemente no es el más eficiente que hoy en día existe. Con el presente proyecto se trató de mejorar lo ya existente, por medio de programas computacionales, sensores, entre otros aditamentos electrónicos para mejorar el rendimiento de este dispositivo de gran importancia.
- En el prototipo de semáforo desarrollado, se observó el consumo de energía que se produciría con el uso de lámparas incandescentes, que en la actualidad la mayoría de semáforos están constituidos, Por tal motivo se usó la tecnología led ,esto significa bajar los consumos energéticos por lente desde un 80 % hasta un 90 %,
- El proyecto demostró la aplicación de la luz no visible al ojo humano, cómo es la luz infrarroja, Esta tecnología esta implementada mediante el uso de sensores infrarrojos.
- La intersección seleccionada permite observar una afluencia vehicular considerable, ayudándonos a realizar pruebas en el prototipo muy similares a las que se tiene en una ciudad en crecimiento.
- El modelo de semáforo escogido, ayudó a comprender la funcionalidad que tiene cada lente, en base al lugar en el cual el dispositivo va hacer instalado.

## RECOMENDACIONES

- La aplicación debe estar alimentado de la red eléctrica, y a su vez soportar condiciones de uso real, como voltaje de la red y temporizaciones. Es por ello que se recomienda escoger un microcontrolador que tenga bajo consumo y bajo voltaje de funcionamiento debido a los requerimientos básicos del proyecto.
- A la hora de establecer las conexiones entre los circuitos, las conexiones deben de ser lo más cortas posibles, a fin de evitar problemas de ruido en el circuito. En lo posible deben de estar aislados, para evitar cortocircuitos por contactos con otros cables.
- Al montar las componentes y dispositivos hay que tener cuidado con las polaridades, por ejemplo de condensadores, y valores de pines de los integrados, así como rangos de operación. El orden en el armado es sumamente importante, doblando correctamente pines y conectores.
- No tirar de los cables si se requiere desconectar los aparatos y/o dispositivos.
- No tocar nunca a una persona que esté bajo tensión eléctrica, y asegurarse de no estar cargados de estática, puesto que esto podría quemar elementos del circuito, como sensores y microcontroladores.
- Para el caso en que se averíe un dispositivo semafórico, se recomienda cambiar todo el elemento, para evitar la realización de todo el cableado que contiene y darle flexibilidad.
- Si el circuito no funciona correctamente, como primera instancia hay que revisar las alimentaciones, revisar que los cables de interconexión no estén sueltos o haciendo mal contacto.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] EcuRed. Semáforo. <http://www.ecured.cu/index.php/Sem%C3%A1foro>
- [2] Educar Chile. Propagación de la luz.  
<http://www.educarchile.cl/Portal.Base/Web/VerContenido.aspx?ID=133071>
- [3] Greenpeace. LED: Diodos Emisores de Luz Información de la Tecnología.  
<http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>
- [4] Gonzáles, Nalle. ¿Qué es un sensor?  
<https://sites.google.com/site/sensoresnallelygonzalez/>
- [5] Iluminación led. Semáforos led.  
<http://www.iluminacionled.ws/tipos/semaforos-led.html>
- [6] Mecanique. MicroCode studio. [www.mecanique.co.uk](http://www.mecanique.co.uk)
- [7] MicroCode Studio 4 + PicBasic Pro 2.60.  
[http://identi.info/downloads/88752435/MicroCode-Studio-4-\\_-PicBasic-Pro-2\\_60.html](http://identi.info/downloads/88752435/MicroCode-Studio-4-_-PicBasic-Pro-2_60.html)
- [8] Propagación de ondas electromagnéticas.  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lem/vila\\_b\\_ca/capitulo1.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/vila_b_ca/capitulo1.pdf)  
Todoroms. <http://www.todoroms.com/international-ebooks>
- [9] TORRES TORRITI, Miguel. Tutorial Microcontroladores Pic.  
[http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial\\_pic.pdf](http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf)
- [10] ZAJIGUA/SENSORES. ¿Qué es un sensor y cuáles son los tipos de sensores? <https://sites.google.com/site/zajiguasensores/tareas>.
- [11] EMMOP, Empresa Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas; Manual de dispositivos para control de tránsito.
- [12] INEN, Instituto Ecuatoriano de Normalización; Señalización Vial, Parte 5  
Semaforización

## **ANEXOS**

**ANEXO A:** DATOS TÉCNICOS DE LED INFRAROJO

**ANEXO B:** DATOS TÉCNICOS DEL MICROCONTROLADOR 16F628

**ANEXO C:** DATOS TÉCNICOS DEL MICROCONTROLADOR 16F877

**ANEXO D:** DATOS TÉCNICOS DEL REGULADOR 7805

**ANEXO E:** DATOS TÉCNICOS DE TSOP 1838

**ANEXO F:** CODIGOS Y SIMBOLOGIA DE SEMAFOROS

**ANEXO G:** CODIGOS COMPLETOS DE FUNCIONAMIENTO

**ANEXO H:** MODELO DEL SEMAFORO INTELIGENTE.

## **ANEXO A**

### **DATOS TÉCNICOS DE LED INFRAROJO**



## Technical Data Sheet

### 5mm Infrared LED , T-1 3/4

#### IR333/H0/L10

#### Features

- High reliability
- High radiant intensity
- Peak wavelength  $\lambda_p=940\text{nm}$
- 2.54mm Lead spacing
- Low forward voltage
- Pb free
- The product itself will remain within RoHS compliant version.

#### Descriptions

- EVERLIGHT'S Infrared Emitting Diode(IR333/H0/L10) is a high intensity diode , molded in a blue transparent plastic package.
- The device is spectrally matched with phototransistor , photodiode and infrared receiver module.



#### Applications

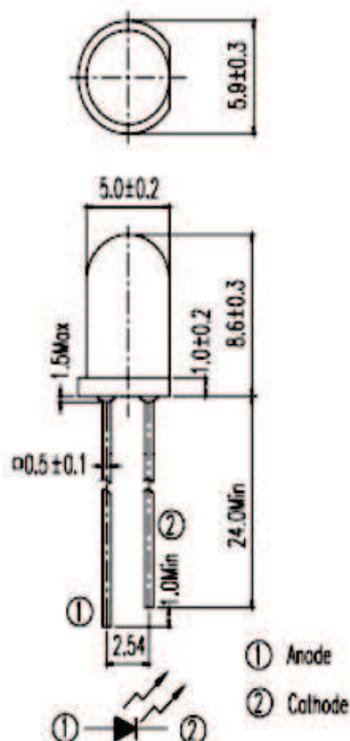
- Free air transmission system
- Infrared remote control units with high power requirement
- Smoke detector
- Infrared applied system

#### Device Selection Guide

LED Part No.	Chip	Lens Color
	Material	
IR	GaAlAs	Blue

**Electro-Optical Characteristics (Ta=25°C)**

Parameter	Symbol	Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Radiant Intensity	Ee	$I_F=20\text{mA}$	11	12	--	mW/sr
		$I_F=100\text{mA}$ Pulse Width $\leq 100 \mu\text{s}$ , Duty $\leq 1\%$	--	45	--	
		$I_F=1\text{A}$ Pulse Width $\leq 100 \mu\text{s}$ , Duty $\leq 1\%$	--	400	--	
Peak Wavelength	$\lambda_p$	$I_F=20\text{mA}$	--	940	--	nm
Spectral Bandwidth	$\Delta \lambda$	$I_F=20\text{mA}$	--	45	--	nm
Forward Voltage	$V_F$	$I_F=20\text{mA}$		1.2	1.5	V
		$I_F=100\text{mA}$ Pulse Width $\leq 100 \mu\text{s}$ , Duty $\leq 1\%$	--	1.4	1.8	
		$I_F=1\text{A}$ Pulse Width $\leq 100 \mu\text{s}$ , Duty $\leq 1\%$	--	2.6	4.0	
Reverse Current	$I_R$	$V_R=5\text{V}$	--	--	10	$\mu\text{A}$
View Angle	$2\theta_{1/2}$	$I_F=20\text{mA}$	--	40	--	deg

**IR333/H0/L10****Package Dimensions**

Notes: 1. All dimensions are in millimeters

2. Tolerances unless dimensions  $\pm 0.25$  mm

**Absolute Maximum Ratings ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )**

Parameter	Symbol	Rating	Units
Continuous Forward Current	$I_F$	100	mA
Peak Forward Current	$I_{FP}$	1.0	A
Reverse Voltage	$V_R$	5	V
Operating Temperature	$T_{opr}$	$-40 \sim +85$	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature	$T_{stg}$	$-40 \sim +85$	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature	$T_{sol}$	260	$^\circ\text{C}$
Power Dissipation at (or below) 25 $^\circ\text{C}$ Free Air Temperature	$P_d$	150	mW

Notes: \*1:  $I_{FP}$  Conditions--Pulse Width  $\leq 100 \mu\text{s}$  and Duty  $\leq 1\%$ .

\*2: Soldering time  $\leq 5$  seconds.

**Reliability Test Item And Condition**

The reliability of products shall be satisfied with items listed below.

Confidence level : 90%

LTPD : 10%

NO.	Item	Test Conditions	Test Hours/ Cycles	Sample Sizes	Failure Judgement Criteria	Ac/Re
1	Solder Heat	TEMP. : 260°C±5°C	10secs	22pcs	$I_R \geq U \times 2$ $E_e \leq L \times 0.8$ $V_F \geq U \times 1.2$  U : Upper Specification  Limit L : Lower Specification Limit	0/1
2	Temperature Cycle	H : +100°C    15mins ↑ 5mins ↓ L : -40°C    15mins	300Cycles	22pcs		0/1
3	Thermal Shock	H : +100°C    5mins ↑ 10secs ↓ L : -10°C    5mins	300Cycles	22pcs		0/1
4	High Temperature Storage	TEMP. : +100°C	1000hrs	22pcs		0/1
5	Low Temperature Storage	TEMP. : -40°C	1000hrs	22pcs		0/1
6	DC Operating Life	$I_F=20mA$	1000hrs	22pcs		0/1
7	High Temperature/ High Humidity	85°C / 85% R.H	1000hrs	22pcs		0/1

## **ANEXO B**

DATOS TÉCNICOS DEL MICRO CONTROLADOR16F628



# PIC16F627A/628A/648A

## 18-pin Flash-Based 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

- Operating speeds from DC - 20 MHz
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes
- 35 single word instructions
  - All instructions single cycle except branches

### Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
  - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Low Power Internal 37 kHz oscillator
  - External Oscillator support for crystals and resonators.
- Power saving Sleep mode
- Programmable weak pull-ups on PORTB
- Multiplexed Master Clear/Input-pin
- Watchdog Timer with independent oscillator for reliable operation
- Low voltage programming
- In-Circuit Serial Programming™ (via two pins)
- Programmable code protection
- Brown-out Reset
- Power-on Reset
- Power-up Timer and Oscillator Start-up Timer
- Wide operating voltage range. (2.0 - 5.5V)
- Industrial and extended temperature range
- High Endurance Flash/EEPROM Cell
  - 100,000 write Flash endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - 100 year data retention

- Standby Current:
  - 100 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 12  $\mu\text{A}$  @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 120  $\mu\text{A}$  @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
  - 1  $\mu\text{A}$  @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
  - 1.2  $\mu\text{A}$  @ 32 kHz, 2.0V, typical
- Dual Speed Internal Oscillator:
  - Run-time selectable between 4 MHz and 37 kHz
  - 4  $\mu\text{s}$  wake-up from Sleep, 3.0V, typical

### Peripheral Features:

- 16 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Selectable internal or external reference
  - Comparator outputs are externally accessible
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with external crystal/clock capability
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Capture, Compare, PWM module
  - 16-bit Capture/Compare
  - 10-bit PWM
- Addressable Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter USART/SCI

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	CCP (PWM)	USART	Comparators	Timers 8/16-bit
	Flash (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)					
PIC16F627A	1024	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F628A	2048	224	128	16	1	Y	2	2/1
PIC16F648A	4096	256	256	16	1	Y	2	2/1

### 3.0 ARCHITECTURAL OVERVIEW

The high performance of the PIC16F627A/628A/648A family can be attributed to a number of architectural features commonly found in RISC microprocessors. To begin with, the PIC16F627A/628A/648A uses a Harvard architecture, in which program and data are accessed from separate memories using separate busses. This improves bandwidth over traditional Von Neumann architecture where program and data are fetched from the same memory. Separating program and data memory further allows instructions to be sized differently than 8-bit wide data word. Instruction opcodes are 14-bits wide making it possible to have all single word instructions. A 14-bit wide program memory access bus fetches a 14-bit instruction in a single cycle. A two-stage pipeline overlaps fetch and execution of instructions. Consequently, all instructions (35) execute in a single-cycle (200 ns @ 20 MHz) except for program branches.

Table 3-1 lists device memory sizes (Flash, Data and EEPROM).

**TABLE 3-1: DEVICE MEMORY LIST**

Device	Memory		
	Flash Program	RAM Data	EEPROM Data
PIC16F627A	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F628A	2048 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16F648A	4096 x 14	256 x 8	256 x 8
PIC16LF627A	1024 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF628A	2048 x 14	224 x 8	128 x 8
PIC16LF648A	4096 x 14	256 x 8	256 x 8

The PIC16F627A/628A/648A can directly or indirectly address its register files or data memory. All Special Function Registers (SFR), including the program counter, are mapped in the data memory. The PIC16F627A/628A/648A have an orthogonal (symmetrical) instruction set that makes it possible to carry out any operation, on any register, using any Addressing mode. This symmetrical nature and lack of 'special optimal situations' make programming with the PIC16F627A/628A/648A simple yet efficient. In addition, the learning curve is reduced significantly.

The PIC16F627A/628A/648A devices contain an 8-bit ALU and working register. The ALU is a general purpose arithmetic unit. It performs arithmetic and Boolean functions between data in the working register and any register file.

The ALU is 8-bit wide and capable of addition, subtraction, shift and logical operations. Unless otherwise mentioned, arithmetic operations are two's complement in nature. In two-operand instructions, typically one operand is the working register (W register). The other operand is a file register or an immediate constant. In single operand instructions, the operand is either the W register or a file register.

The W register is an 8-bit working register used for ALU operations. It is not an addressable register.

Depending on the instruction executed, the ALU may affect the values of the Carry (C), Digit Carry (DC), and Zero (Z) bits in the Status Register. The C and DC bits operate as a Borrow and Digit Borrow out bit, respectively, bit in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.

A simplified block diagram is shown in Figure 3-1, and a description of the device pins in Table 3-2.

Two types of data memory are provided on the PIC16F627A/628A/648A devices. Nonvolatile EEPROM data memory is provided for long term storage of data such as calibration values, look up table data, and any other data which may require periodic updating in the field. These data are not lost when power is removed. The other data memory provided is regular RAM data memory. Regular RAM data memory is provided for temporary storage of data during normal operation. Data are lost when power is removed.

## 11.0 VOLTAGE REFERENCE MODULE

The Voltage Reference is a 16-tap resistor ladder network that provides a selectable voltage reference. The resistor ladder is segmented to provide two ranges of VREF values and has a power-down function to conserve power when the reference is not being used. The VRCON register controls the operation of the reference as shown in Figure 11-1. The block diagram is given in Figure 11-1.

### 11.1 Voltage Reference Configuration

The Voltage Reference can output 16 distinct voltage levels for each range.

The equations used to calculate the output of the Voltage Reference are as follows:

if VRR = 1:

$$V_{REF} = \frac{VR_{\langle 3:0 \rangle}}{24} \times V_{DD}$$

if VRR = 0:

$$V_{REF} = \left( V_{DD} \times \frac{1}{4} \right) + \frac{VR_{\langle 3:0 \rangle}}{32} \times V_{DD}$$

The setting time of the Voltage Reference must be considered when changing the VREF output (Table 17-3). Example 11-1 demonstrates how Voltage Reference is configured for an output voltage of 1.25V with VDD = 5.0V.

#### REGISTER 11-1: VRCON REGISTER (ADDRESS: 9Fh)

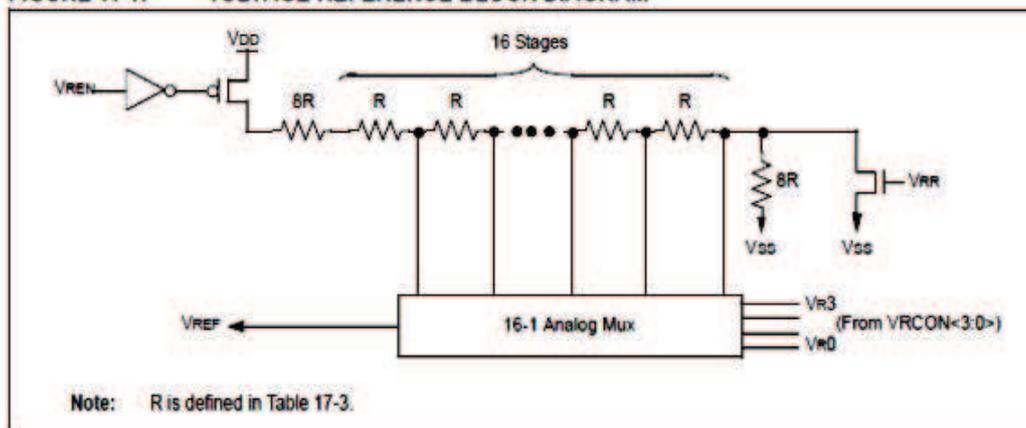
R/W-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
VREN	VROE	VRR	—	VR3	VR2	VR1	VR0
bit 7				bit 0			

- bit 7 **VREN:** VREF Enable  
1 = VREF circuit powered on  
0 = VREF circuit powered down, no IDD drain
- bit 6 **VROE:** VREF Output Enable  
1 = VREF is output on RA2 pin  
0 = VREF is disconnected from RA2 pin
- bit 5 **VRR:** VREF Range selection  
1 = Low Range  
0 = High Range
- bit 4 **Unimplemented:** Read as '0'
- bit 3-0 **VR<3:0>:** VREF value selection  $0 \leq VR_{\langle 3:0 \rangle} \leq 15$   
When VRR = 1:  $V_{REF} = (VR_{\langle 3:0 \rangle} / 24) \times V_{DD}$   
When VRR = 0:  $V_{REF} = 1/4 \times V_{DD} + (VR_{\langle 3:0 \rangle} / 32) \times V_{DD}$

#### Legend:

R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
-n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

FIGURE 11-1: VOLTAGE REFERENCE BLOCK DIAGRAM



**FIGURE 14-2: EXTERNAL PARALLEL RESONANT CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT**

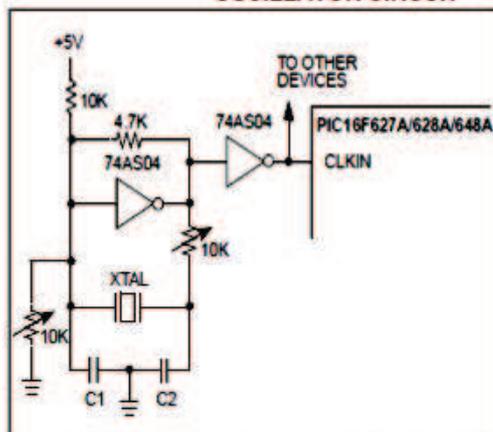
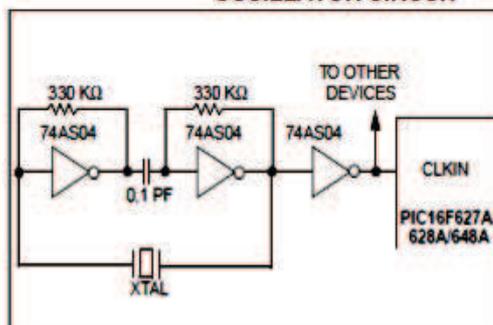


Figure 14-3 shows a series resonant oscillator circuit. This circuit is also designed to use the fundamental frequency of the crystal. The inverter performs a 180° phase shift in a series resonant oscillator circuit. The 330 kΩ resistors provide the negative feedback to bias the inverters in their linear region.

**FIGURE 14-3: EXTERNAL SERIES RESONANT CRYSTAL OSCILLATOR CIRCUIT**



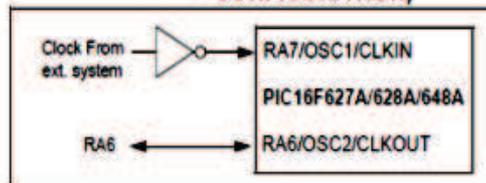
#### 14.2.4 PRECISION INTERNAL 4 MHz OSCILLATOR

The internal precision oscillator provides a fixed 4 MHz (nominal) system clock at  $V_{DD} = 5\text{ V}$  and 25°C. See **Section 17.0 "Electrical Specifications"**, for information on variation over voltage and temperature.

#### 14.2.5 EXTERNAL CLOCK IN

For applications where a clock is already available elsewhere, users may directly drive the PIC16F627A/628A/648A provided that this external clock source meets the AC/DC timing requirements listed in **Section 17.6 "Timing Diagrams and Specifications"**. Figure 14-4 below shows how an external clock circuit should be configured.

**FIGURE 14-4: EXTERNAL CLOCK INPUT OPERATION (EC, HS, XT OR LP OSC CONFIGURATION)**



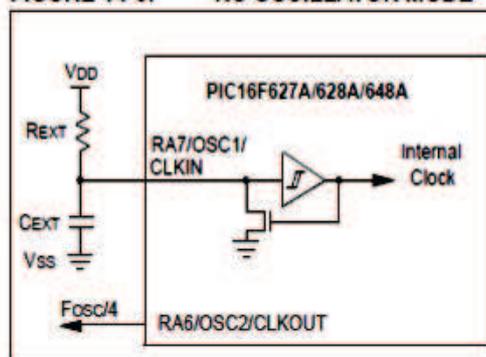
#### 14.2.6 RC OSCILLATOR

For applications where precise timing is not a requirement, the RC oscillator option is available. The operation and functionality of the RC oscillator is dependent upon a number of variables. The RC oscillator frequency is a function of:

- Supply voltage
- Resistor ( $R_{EXT}$ ) and capacitor ( $C_{EXT}$ ) values
- Operating temperature.

The oscillator frequency will vary from unit to unit due to normal process parameter variation. The difference in lead frame capacitance between package types will also affect the oscillation frequency, especially for low  $C_{EXT}$  values. The user also needs to account for the tolerance of the external R and C components. Figure 14-5 shows how the R/C combination is connected.

**FIGURE 14-5: RC OSCILLATOR MODE**



The RC Oscillator mode has two options that control the unused OSC2 pin. The first allows it to be used as a general purpose I/O port. The other configures the pin as an output providing the Fosc signal (internal clock divided by 4) for test or external synchronization purposes.

#### 14.2.7 CLKOUT

The PIC16F627A/628A/648A can be configured to provide a clock out signal by programming the configuration word. The oscillator frequency, divided by 4 can be used for test purposes or to synchronize other logic.

## 17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

### Absolute Maximum Ratings(†)

Ambient temperature under bias .....	-40 to +125°C
Storage temperature .....	-65°C to +150°C
Voltage on V <sub>DD</sub> with respect to V <sub>SS</sub> .....	-0.3 to +6.5V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ and RA4 with respect to V <sub>SS</sub> .....	-0.3 to +14V
Voltage on all other pins with respect to V <sub>SS</sub> .....	-0.3V to V <sub>DD</sub> + 0.3V
Total power dissipation <sup>(1)</sup> .....	800 mW
Maximum current out of V <sub>SS</sub> pin .....	300 mA
Maximum current into V <sub>DD</sub> pin .....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > V <sub>DD</sub> ).....	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > V <sub>DD</sub> ).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin .....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA and PORTB (Combined).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA and PORTB (Combined).....	200 mA

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $P_{DIS} = V_{DD} \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(V_{DD} - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

† **NOTICE:** Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

**Note:** Voltage spikes below V<sub>SS</sub> at the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100 Ω should be used when applying a "low" level to the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin rather than pulling this pin directly to V<sub>SS</sub>.

## **ANEXO C**

DATOS TÉCNICOS DEL MICROCONTROLADOR 16F877



**MICROCHIP**

---

**PIC16F87X**

**Data Sheet**

**28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH**

**Microcontrollers**



# PIC16F87X

## 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

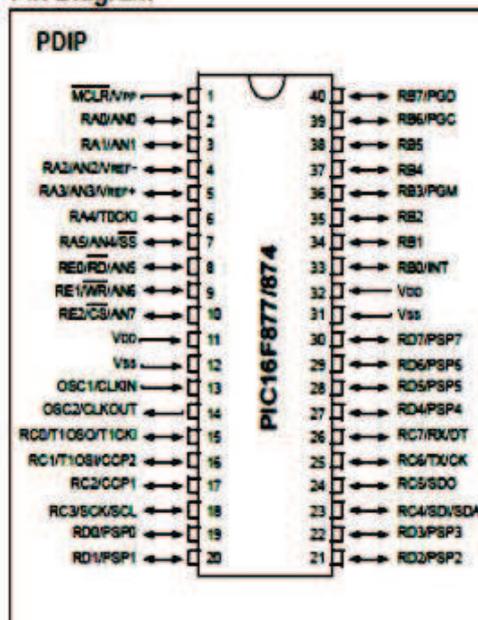
### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F878
- PIC16F874
- PIC16F877

### Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which are two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input  
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,  
Up to 388 x 8 bytes of Data Memory (RAM)  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and  
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC  
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM  
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two  
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature  
ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.8 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

### Pin Diagram



### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,  
can be incremented during SLEEP via external  
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period  
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master  
mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver  
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address  
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with  
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for  
Brown-out Reset (BOR)

<b>Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)</b>	<b>PIC16F873</b>	<b>PIC16F874</b>	<b>PIC16F876</b>	<b>PIC16F877</b>
Operating Frequency	DC - 20 MHz			
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

## 2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87X MCUs. The Program Memory and Data Memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in Section 4.0.

Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

## 2.1 Program Memory Organization

The PIC16F87X devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. The PIC16F877/876 devices have 8K x 14 words of FLASH program memory, and the PIC16F873/874 devices have 4K x 14. Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound.

The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PIC16F877/876 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK

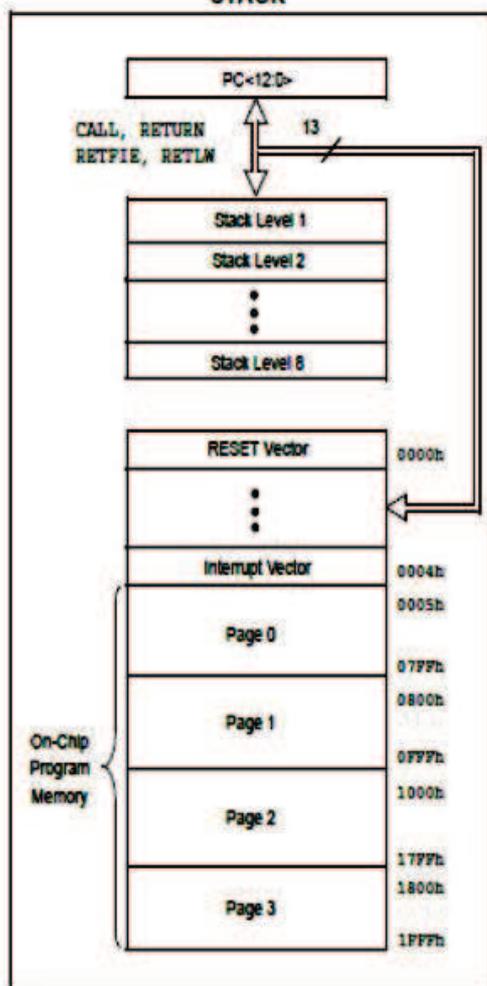
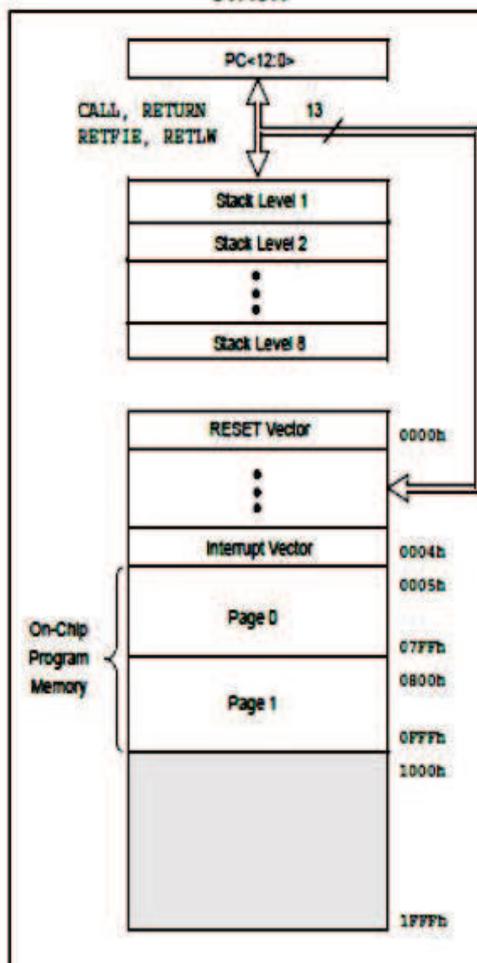


FIGURE 2-2: PIC16F874/873 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



## 15.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

### Absolute Maximum Ratings †

Ambient temperature under bias.....	-55 to +125°C
Storage temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on any pin with respect to VSS (except VDD, $\overline{\text{MCLR}}$ , and RA4).....	-0.3 V to (VDD + 0.3 V)
Voltage on VDD with respect to VSS.....	-0.3 to +7.5 V
Voltage on $\overline{\text{MCLR}}$ with respect to VSS (Note 2).....	0 to +14 V
Voltage on RA4 with respect to VSS.....	0 to +8.5 V
Total power dissipation (Note 1).....	1.0 W
Maximum current out of VSS pin.....	300 mA
Maximum current into VDD pin.....	250 mA
Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD).....	± 20 mA
Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD).....	± 20 mA
Maximum output current sunk by any I/O pin.....	25 mA
Maximum output current sourced by any I/O pin.....	25 mA
Maximum current sunk by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTA, PORTB, and PORTE (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA
Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) (Note 3).....	200 mA

Note 1: Power dissipation is calculated as follows:  $P_{dis} = VDD \times \{I_{DD} - \sum I_{OH}\} + \sum \{(VDD - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$

2: Voltage spikes below VSS at the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, inducing currents greater than 80 mA, may cause latch-up. Thus, a series resistor of 50-100Ω should be used when applying a "low" level to the  $\overline{\text{MCLR}}$  pin, rather than pulling this pin directly to VSS.

3: PORTD and PORTE are not implemented on PIC16F873/876 devices.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

## **ANEXO D**

DATOS TÉCNICOS DEL REGULADOR 7805

# KA78XX/KA78XXA

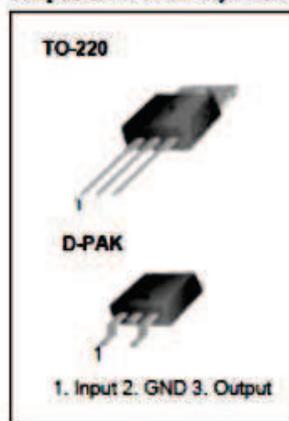
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

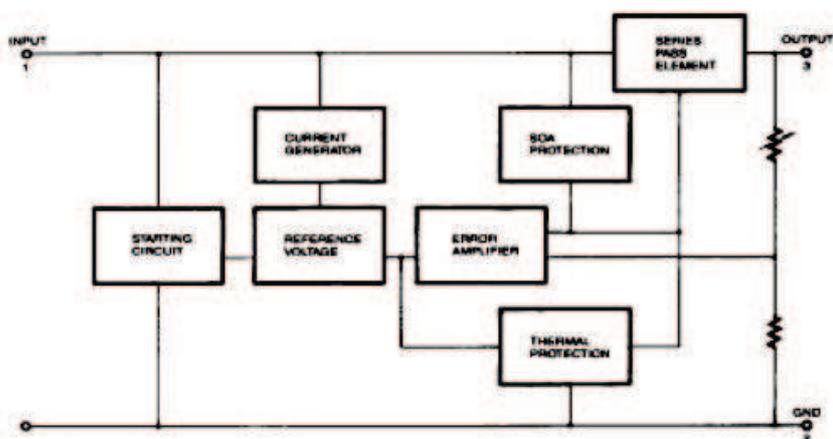
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



### Internal Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$ ) (for $V_O = 24V$ )	$V_I$	35	V
	$V_{I1}$	40	V
Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	$^{\circ}C/W$
Thermal Resistance Junction-Air (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	$^{\circ}C/W$
Operating Temperature Range (KA78XX/A/R)	$T_{OPR}$	0 ~ +125	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{STG}$	-65 ~ +150	$^{\circ}C$

## Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit,  $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$ ,  $I_O = 500mA$ ,  $V_I = 10V$ ,  $C_I = 0.33\mu F$ ,  $C_O = 0.1\mu F$ , unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	KA7805			Unit	
			Min.	Typ.	Max.		
Output Voltage	$V_O$	$T_J = +25^{\circ}C$	4.8	5.0	5.2	V	
		$5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$ , $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$	4.75	5.0	5.25		
Line Regulation (Note1)	Regline	$T_J = +25^{\circ}C$	$V_O = 7V$ to $25V$	-	4.0	100	mV
			$V_I = 8V$ to $12V$	-	1.6	50	
Load Regulation (Note1)	Regload	$T_J = +25^{\circ}C$	$I_O = 5.0mA$ to $1.5A$	-	9	100	mV
			$I_O = 250mA$ to $750mA$	-	4	50	
Quiescent Current	$I_Q$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	5.0	8.0	mA	
Quiescent Current Change	$\Delta I_Q$	$I_O = 5mA$ to $1.0A$	-	0.03	0.5	mA	
		$V_I = 7V$ to $25V$	-	0.3	1.3		
Output Voltage Drift	$\Delta V_O / \Delta T$	$I_O = 5mA$	-	-0.8	-	mV/ $^{\circ}C$	
Output Noise Voltage	$V_N$	$f = 10Hz$ to $100KHz$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	42	-	$\mu V/V_O$	
Ripple Rejection	RR	$f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$	62	73	-	dB	
Dropout Voltage	$V_{Drop}$	$I_O = 1A$ , $T_J = +25^{\circ}C$	-	2	-	V	
Output Resistance	$r_O$	$f = 1KHz$	-	15	-	m $\Omega$	
Short Circuit Current	$I_{SC}$	$V_I = 35V$ , $T_A = +25^{\circ}C$	-	230	-	mA	
Peak Current	$I_{PK}$	$T_J = +25^{\circ}C$	-	2.2	-	A	

### Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Changes in  $V_O$  due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

## **ANEXO E**

DATOS TÉCNICOS DE TSOP 1838



**TSOP18..**  
Vishay Telefunken

## Photo Modules for PCM Remote Control Systems

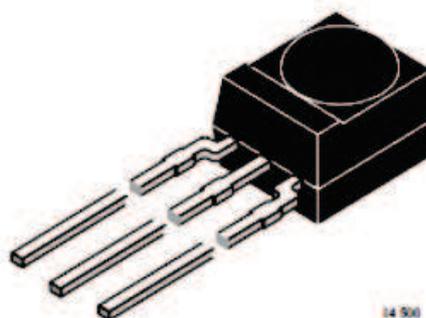
### Available types for different carrier frequencies

Type	fo	Type	fo
TSOP1830	30 kHz	TSOP1833	33 kHz
TSOP1836	36 kHz	TSOP1837	36.7 kHz
TSOP1838	38 kHz	TSOP1840	40 kHz
TSOP1856	56 kHz		

### Description

The TSOP18.. – series are miniaturized receivers for infrared remote control systems. PIN diode and preamplifier are assembled on lead frame, the epoxy package is designed as IR filter.

The demodulated output signal can directly be decoded by a microprocessor. The main benefit is the reliable function even in disturbed ambient and the protection against uncontrolled output pulses.



14 500

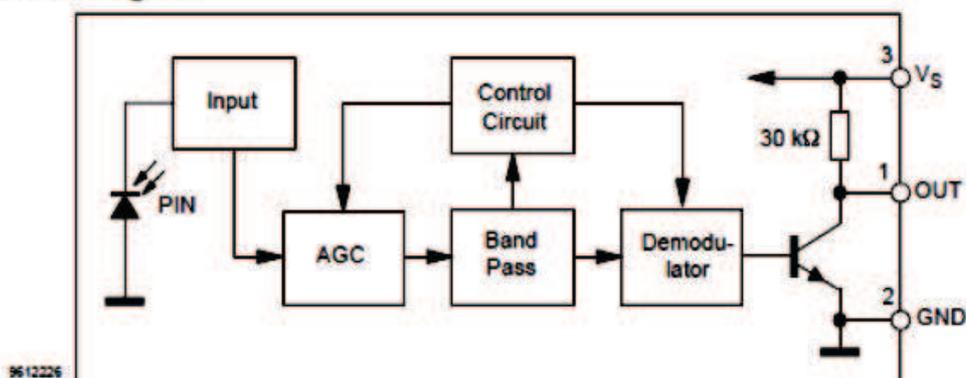
### Features

- Photo detector and preamplifier in one package
- Internal filter for PCM frequency
- TTL and CMOS compatibility
- Output active low
- Improved shielding against electrical field disturbance
- Suitable burst length  $\geq 6$  cycles/burst

### Special Features

- Small size package
- Enhanced immunity against all kinds of disturbance light
- No occurrence of disturbance pulses at the output
- Short settling time after power on ( $< 200\mu\text{s}$ )

### Block Diagram



## Absolute Maximum Ratings

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

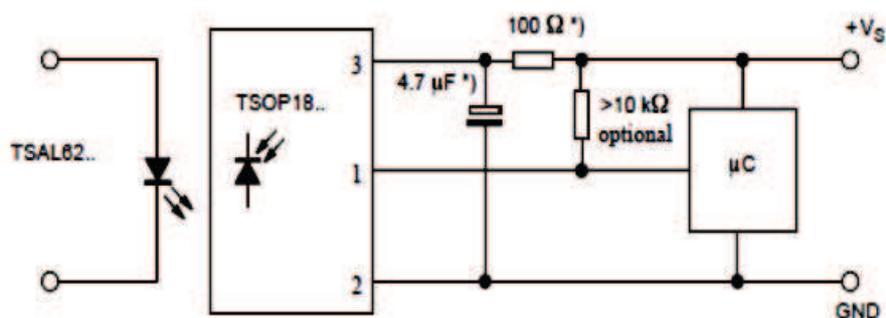
Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	(Pin 3)	$V_S$	-0.3...6.0	V
Supply Current	(Pin 3)	$I_S$	5	mA
Output Voltage	(Pin 1)	$V_O$	-0.3...6.0	V
Output Current	(Pin 1)	$I_O$	5	mA
Junction Temperature		$T_j$	100	$^{\circ}\text{C}$
Storage Temperature Range		$T_{stg}$	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Operating Temperature Range		$T_{amb}$	-25...+85	$^{\circ}\text{C}$
Power Consumption	( $T_{amb} \leq 85^{\circ}\text{C}$ )	$P_{tot}$	50	mW
Soldering Temperature	$t \leq 10\text{ s}$ , 1 mm from case	$T_{sd}$	260	$^{\circ}\text{C}$

## Basic Characteristics

$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Supply Current (Pin 3)	$V_S = 5\text{ V}$ , $E_v = 0$	$I_{SD}$	0.9	1.2	1.5	mA
	$V_S = 5\text{ V}$ , $E_v = 40\text{ klx}$ , sunlight	$I_{SH}$		1.3		
Supply Voltage (Pin 3)		$V_S$	4.5		5.5	V
Transmission Distance	$E_v = 0$ , test signal see fig.6, IR diode TSAL6200, $I_F = 300\text{ mA}$	$d$		35		m
Output Voltage Low (Pin 1)	$I_{OSL} = 0.5\text{ mA}$ , $E_e = 0.7\text{ mW/m}^2$ , $f = f_o$	$V_{OSL}$			250	mV
Irradiance (30 – 40 kHz)	Pulse width tolerance: $t_{pi} - 4/f_o < t_{po} < t_{pi} + 6/f_o$ , test signal see fig.6	$E_e\text{ min}$		0.3	0.5	$\text{mW/m}^2$
Irradiance (56 kHz)				0.4	0.7	
Irradiance		$E_e\text{ max}$	30			$\text{W/m}^2$
Directivity	Angle of half transmission distance	$\Phi_{1/2}$		$\pm 45$		deg

## Application Circuit



15905

\*) recommended to suppress power supply disturbances

## Suitable Data Format

The circuit of the TSOP18.. is designed in that way that unexpected output pulses due to noise or disturbance signals are avoided. A bandpassfilter, an integrator stage and an automatic gain control are used to suppress such disturbances.

The distinguishing mark between data signal ( not suppressed) and disturbance signal (supressed) are carrier frequency, burst length and Signal Gap Time (see diagram below).

The data signal should fulfill the following condition:

- Carrier frequency should be close to center frequency of the bandpass (e.g. 38kHz).
- Burst length should be 6 cycles/burst or longer.
- After each burst a gap time of at least 9 cycles is necessary.
- The data format should not make a continuous signal transmission. There must be a Signal Gap Time (longer than 15ms) at least each 90ms (see Figure A).

Some examples for suitable data format are:

NEC Code (repetitive pulse), NEC Code (repetitive data), Toshiba Micom Format, Sharp Code, RC5 Code, RECS-80 Code, R-2000 Code.

When a disturbance signal is applied to the TSOP18.. it can still receive the data signal. However the sensitivity is reduced to that level that no unexpected pulses will occur.

Some examples for such disturbance signals which are suppressed by the TSOP18.. are:

- DC light (e.g. from tungsten bulb or sunlight),
- Continuous signal at 38kHz or at any other frequency,
- Signals from fluorescent lamps (see Figure B).
- Continuous IR signal (e.g. 1ms burst, 2ms pause)

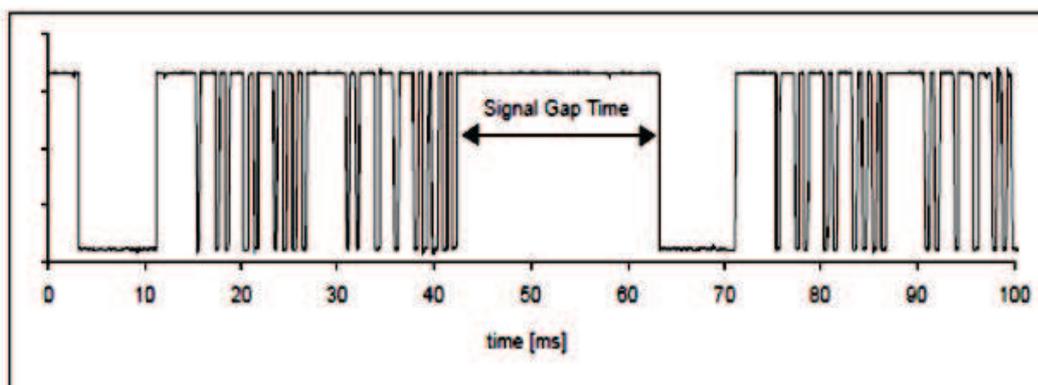


Figure A: Data Signal (Output of IR Receiver) with a Signal Gap Time of 20ms

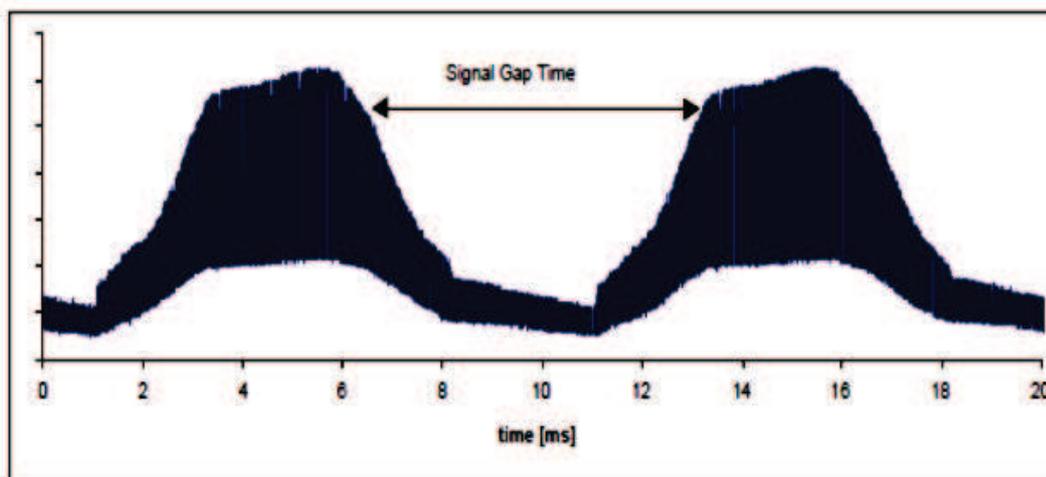
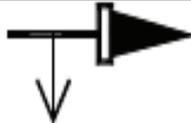
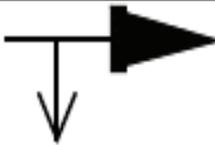
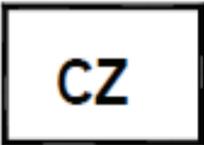
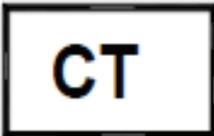
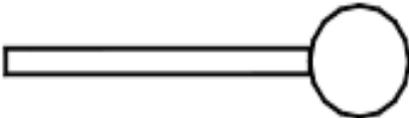
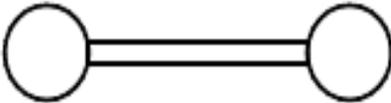


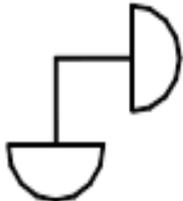
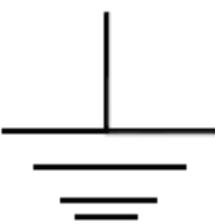
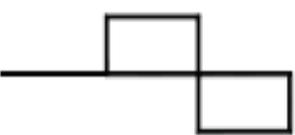
Figure B: Disturbance Signal from Fluorescent Lamp with Signal Gap Time of 7ms

## **ANEXO F**

### **CODIGOS Y SIMBOLOGIA DE SEMAFOROS**

SEMÁFORO	CÓDIGO	SIMBOLO	TAMAÑO
	S1		3/200
	S2		1/300 + 2/200
	S2-1		3/300
	S3		Semáforo peatonal
	S1-G		Semáforo con viraje 3/200
	S2-G		Semáforo con viraje 1/300 + 2/200
	S3-G		Semáforo con viraje 3/300
	SF-T		Semáforo tren/tramvia
	SC		Semáforo ciclovía
	SB		Semáforo bus

	S3-A		Dispositivo acustico
	RT		Regulador de transito
	RZ		Central de zona
	CT		Centro de control de transito
	T1		Columna vehicular
	T2		Baculo o mensula
	T3		Columna peatonal
	P1		Portico
	SE		Poste y/o acometida eléctrica

	PP1		Botón peatonal
	PP2		Boton peatonal doble
	PP3		Boton peatonal audio tactil
	PP4		Boton peatonal solo tactil
	TT		Conexión toma a tierra
	DI		Detector intrusivo
	DNI		Detector no intrusivo
	CR		Caja de revisión
	D		Ducto de semaforización

## **ANEXO G**

CODIGOS COMPLETOS DE FUNCIONAMIENTO

NORTE:	SUR:
SENSOR NORTE 1=SN1	SENSOR SUR 1= SS1
SENSOR NORTE 2=SN2	SENSOR SUR 2= SS2
SENSOR NORTE 3=SN3	SENSOR SUR 3= SS3
OESTE:	ESTE:
SENSOR OESTE 1=SO1	SENSOR ESTE 1= SE1
SENSOR OESTE 2=SO2	SENSOR ESTE 2= SE2
SENSOR OESTE 3=SO3	SENSOR ESTE 3= SE3

**CODIGO 0:**

Estado de los sensores:
SN1=1 SO1=1 SE1=1 SS1=1
SN2=1 SO2=1 SE2=1 SS2=1
SN3=1 SO3=1 SE3=1 SS3=1



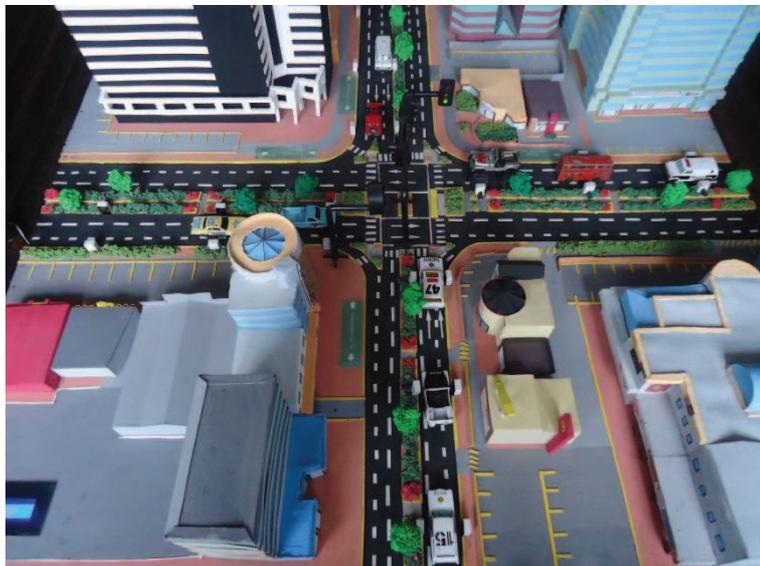
**CODIGO 01:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=1	SE2=1	SS2=1
SN3=0	SO3=1	SE3=1	SS3=1



**CODIGO 02:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=1	SE2=1	SS2=1
SN3=0	SO3=0	SE3=1	SS3=1



**CODIGO 03:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=1	SE2=1	SS2=1
SN3=0	SO3=0	SE3=1	SS3=0



**CODIGO 04:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=1	SE2=1	SS2=1
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 05:****Estado de los sensores:****SN1=1 SO1=1 SE1=1 SS1=1****SN2=0 SO2=1 SE2=1 SS2=1****SN3=0 SO3=0 SE3=0 SS3=0**

**CODIGO 06:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=0	SE2=1	SS2=1
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 07:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=0	SE2=1	SS2=0
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 08:****Estado de los sensores:**

SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
-------	-------	-------	-------

SN2=0	SO2=0	SE2=0	SS2=0
-------	-------	-------	-------

SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0
-------	-------	-------	-------



**CODIGO 09:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=0	SE2=0	SS2=0
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 10:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=0	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=0	SE2=0	SS2=0
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 11:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=0	SE1=1	SS1=0
SN2=0	SO2=0	SE2=0	SS2=0
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 12:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=0	SE1=0	SS1=0
SN2=0	SO2=0	SE2=0	SS2=0
SN3=0	SO3=0	SE3=0	SS3=0



**CODIGO 13:****Estado de los sensores:**

SN1=1	SO1=0	SE1=0	SS1=1
-------	-------	-------	-------

SN2=1	SO2=0	SE2=0	SS2=1
-------	-------	-------	-------

SN3=1	SO3=0	SE3=0	SS3=1
-------	-------	-------	-------



**CODIGO 14:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=1	SE1=1	SS1=0
SN2=0	SO2=1	SE2=1	SS2=0
SN3=0	SO3=1	SE3=1	SS3=0



**CODIGO 15:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=0	SE2=0	SS2=1
SN3=1	SO3=0	SE3=0	SS3=1



**CODIGO 16:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=1	SE2=1	SS2=0
SN3=0	SO3=1	SE3=1	SS3=0



**CODIGO 17:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=0	SE1=1	SS1=1
SN2=1	SO2=0	SE2=0	SS2=1
SN3=1	SO3=0	SE3=0	SS3=1



**CODIGO 18:****Estado de los sensores:**

SN1=1 SO1=1 SE1=0 SS1=1

SN2=1 SO2=0 SE2=0 SS2=1

SN3=1 SO3=0 SE3=0 SS3=1



**CODIGO 19:**

Estado de los sensores:			
SN1=1	SO1=1	SE1=1	SS1=0
SN2=0	SO2=1	SE2=1	SS2=0
SN3=0	SO3=1	SE3=1	SS3=0



**CODIGO 20:**

Estado de los sensores:			
SN1=0	SO1=1	SE1=1	SS1=1
SN2=0	SO2=1	SE2=1	SS2=0
SN3=0	SO3=1	SE3=1	SS3=0



## **ANEXO H**

### **MODELO DEL SEMAFORO INTELIGENTE**



Figura 1 anexo H: Vista lateral derecha



Figura 2 anexo H: Vista lateral izquierda



Figura 3 anexo H: Vista anterior



Figura 4 anexo H: Vista posterior