

**UNIVERSIDAD CATOLICA SANTA MARIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FÍSICAS Y FORMALES**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE SISTEMAS**



**SEMAFORO INTELIGENTE PARA REGULAR EL TRANSITO VEHICULAR  
BASADO EN OPEN HARDWARE**

Tesis presentado por los Bachilleres:  
JOSÉ ANTONIO PERALTA FUENTES  
JULIO CESAR MENDIETA ZAVALA

Para optar el Título Profesional de: INGENIERO DE SISTEMAS

**ASESORA: ING. KARINA ROSAS PAREDES**

**AREQUIPA-PERÚ**

**2017**

## PRESENTACIÓN

Sra. Directora de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas.

Sres. Miembros del Jurado.

De conformidad con las disposiciones del Reglamento de Grados y Títulos de la Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, ponemos a vuestra consideración el presente trabajo de investigación titulado: “SEMAFORO INTELIGENTE PARA REGULAR EL TRANSITO VEHICULAR BASADO EN OPEN HARDWARE”, el mismo que de ser aprobado nos permitirá optar el Título Profesional de Ingeniería de Sistemas.

José Antonio Peralta Fuentes

Julio Cesar Mendieta Zavala

## RESÚMEN

Los semáforos inteligentes en los últimos tiempos se han convertido en una de las mejores soluciones para el mejor desplazamiento de vehículos y peatones, dichas soluciones han llegado sobre todo a las ciudades donde la tecnología ha desarrollado más y tienen más recursos económicos, ya que estos sistemas, generalmente basados en Inteligencia Artificial, son costosos y de difícil implementación y puesta en marcha, por lo que la solución termina siendo muy costosa. Por otro lado existen también semáforos con tiempos establecidos por trabajadores de las municipalidades, que en algunas ocasiones resuelven el problema, pero en la mayoría de los casos, por tiempos mal calculados, generan más congestión en una o dos de sus vías, mientras que las restantes terminan completamente libres.

Estudios previos en muchas partes del mundo han determinado que el uso de semáforos adaptativos o inteligentes mejoran los tiempos de desplazamiento de los vehículos y de los peatones, siempre y cuando se realicen las mediciones adecuadas en los lugares adecuados. En este trabajo se presenta un prototipo de semáforo inteligente (por control de señales adaptativas al tráfico) con un novedoso diseño electrónico, control mecánico-electrónico, y código sencillo. Los resultados obtenidos son altamente satisfactorios y prometedores.

**Palabras Claves:** (Semáforo inteligente, Tránsito Vehicular, Arduino, Open hardware).

## ABSTRACT

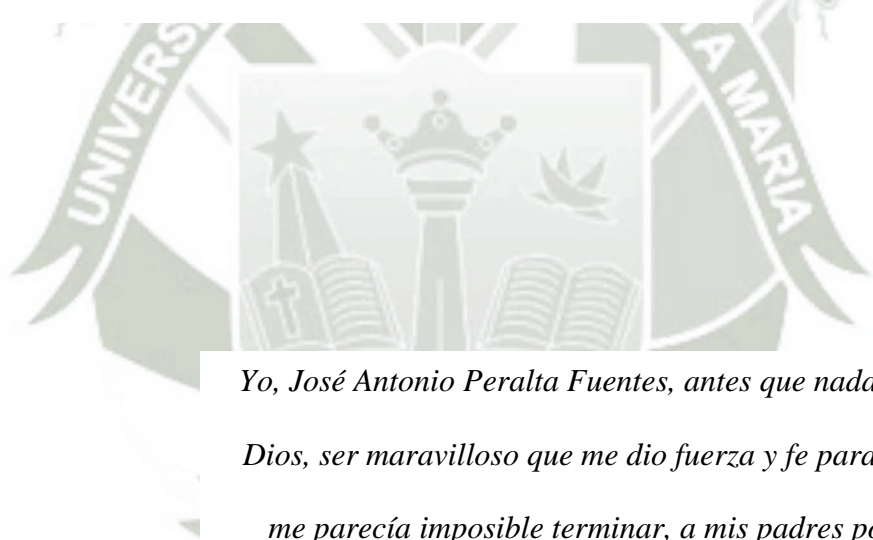
Intelligent traffic lights in recent times have become one of the best solutions for the best movement of vehicles and pedestrians, such solutions have come especially to the most advanced and resourceful cities, as these systems, usually based on Artificial intelligence, are expensive and difficult to implement and implementation, so that the solution ends up being very costly. On the other hand stoplights there are also times established by employees of municipalities, which have on some occasions solve the problem, but in most cases, since certain times are miscalculated, generate more congestion on one or two of its tracks , while the other end completely free.

Previous studies in many parts of the world have determined that the use of adaptive or intelligent traffic lights improve travel times of vehicles and pedestrians, as long as appropriate in the appropriate places measurements are made. In this paper a prototype intelligent traffic light occurs (for control adaptive traffic signals) with a new electronic design, mechanical-electronic control, and simple code, so this project is aimed at optimizing search of simplicity and robustness smart, also the operational reliability and low maintenance of the whole system equipment. The results are highly satisfactory and promising.

**Keywords:** (Intelligent traffic lights, Vehicular traffic, Arduino, Open hardware).

## AGRADECIMIENTOS

*Yo Julio César Mendieta Zavala agradezco a mis padres y hermano por su continuo apoyo en mi vida tanto personal como en mi futuro profesional, también agradezco a mis asesores así como a mis profesores que a lo largo mi vida como estudiante se preocuparon por darme la mejor formación.*



*Yo, José Antonio Peralta Fuentes, antes que nada agradezco a Dios, ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar, a mis padres por el apoyo incondicional a lo largo de mi vida y a mis asesores que se preocuparon en todo momento por brindarme su apoyo a lo largo de esta difícil prueba.*

## INTRODUCCION

La región Arequipa es una zona con una alta cantidad de vehículos que se viene incrementando año a año por las facilidades para la obtención de los mismos por las empresas automovilísticas (solo en el 2015 existían más de doscientos cincuenta y siete mil vehículos, lo que significó un crecimiento de siete por ciento desde el 2014 y según algunas estimaciones se venderán más de tres cientos mil vehículos en el dos mil diecisiete), esto sumado a las obras que viene realizando la actual gestión genera un gran caos vehicular en nuestra ciudad (aunque a largo plazo generarán también un ahorro en el tiempo de traslado de los pobladores). La abundancia de vehículos y la mala planificación de las obras están generando un sin fin de atascamientos y embotellamientos por diversas zonas de la ciudad. (MTC, 2015).

En el presente trabajo se diseñó, construyó y probó un sistema electrónico - mecánico que permite optimizar el proceso de control de tráfico, activando de manera automática los tiempos de encendido de los semáforos dependiendo de la cantidad de vehículos presentes en las vías y la cantidad de personas esperando a cruzar en las esquinas de las intersecciones, incrementando así la movilidad no solo de los vehículos sino también de los transeúntes.

En el sistema desarrollado, se evalúan los niveles de congestión y la cantidad de vehículos que transitan por las vías en diferentes horarios, esta información es analizada por el microprocesador de la placa de Arduino Due que hemos elegido para el proyecto por la cantidad de interrupciones necesarias para el conteo de los vehículos, haciendo que actúen luego los displays y leds que nos indican cuales de las vías transitarán y cuales permanecerán detenidos y la cantidad de tiempo para estos procesos, para despejar los vehículos de manera más fluida, generando así una mejor movilidad de los vehículos soportando a la vez una mayor carga vehicular que con el tiempo seguramente sucederá. El prototipo puede usarse además, en otros tipos de vías e intersecciones, ya que solo sería cuestión de modificar el código en algunos aspectos, según un estudio previo de dicha calle.

En Arequipa existen 72 semáforos instalados en diversos puntos del cercado, considerada la zona de alto tránsito en la ciudad, de los cuales al menos el 80% están dañados por las lluvias, fuertes vientos y fallas de electricidad (PNP, 2015).

Para el 2017 se tiene planeada la implementación de 125 semáforos inteligentes (MTC, 2015) y así los anuncian las autoridades, realmente no lo son, ya que para modificar sus tiempos de funcionamiento necesitan la intervención de un operario, en este sentido, este proyecto ofrece un semáforo que realmente se adapta a nuestras necesidades y aun mejor son de un bajo costo y de rápida implementación.

Los diversos sistemas semafóricos existentes en el mercado no cumplen con las características necesarias para adaptarse a los cambios de la cantidad de vehículos y personas en las vías e intersecciones, y los pocos que si lo hacen, tienen costos de fabricación y mantenimiento excesivos, además de otorgar cortos periodos de correcto funcionamiento, como varias veces hemos sido testigos en nuestra ciudad.

Es por ello que pretendemos diseñar e implementar un semáforo inteligente con sistema adaptativo al tránsito para ayudar a agilizar el flujo de vehículos y aminorar la carga vehicular de nuestras vías, además de poder ser instalado en cualquier otra parte de nuestro país y del mundo



## INDICE

<b>RESÚMEN</b>	iii
<b>ABSTRACT</b>	iv
<b>INTRODUCCION</b>	1
<b>Capítulo 1: Planteamiento Teórico</b>	8
1.1 Título del proyecto	8
1.2 Descripción del problema	8
1.3 Delimitaciones y definición del problema	9
1.3.1 Delimitaciones	9
1.3.2 Definición del Problema	9
1.4 Formulación del problema	10
1.4.1 Problema principal	10
1.5 Objetivos de la investigación	10
1.5.1 Objetivo general	10
1.5.2 Objetivos específicos	10
1.6 Viabilidad de la investigación	11
1.6.1 Económica	11
1.6.2 Técnica	11
1.6.3 Operativa	11
1.7 Justificación e importancia de la investigación	11
1.7.1 Justificación	11
1.7.2 Importancia	12
1.8 Limitaciones de la investigación	12
1.9 Área, línea, tipo y nivel de la investigación	12
1.9.1 Área de investigación	12
1.9.2 Línea de investigación	12
1.9.3 Tipo de investigación	12
1.9.4 Nivel de investigación	12
1.10 Método y diseño de la investigación	13
1.10.1 Método de la investigación	13
1.10.2 Diseño de la investigación	13
1.11 Cobertura del estudio	14
1.11.1 Universo	14
1.11.2 Muestra	14
1.12 Plan de trabajo	15
<b>Capítulo 2: Marco Teórico</b>	16
2.1 Estado del Arte	16
2.2 Marco conceptual	18
2.2.1 Lenguajes de Programación	18
2.2.2 Lenguaje Processing/Wiring	19
2.2.3 Electrónica Básica	19
2.2.3.1 Ley de ohm	20
2.2.3.2 Resistencias	20
2.2.3.3 Condensadores	23
2.2.3.4 Diodos	24
2.2.3.5 Transistores	26

2.2.4 Sensores	29
2.2.4.1. Características de un Sensor	30
2.2.4.2. Resolución y Precisión	31
2.2.4.3. Tipos de Sensores	31
2.2.4.4. Sensores de Presión	33
2.2.4.5. Sensores de Inducción	35
2.2.4.6. Opto acopladores	36
2.2.4.7. Transistor como sensor	40
2.2.5. Actuadores	41
2.2.5.1. Diodo emisor de luz	41
2.2.5.2. Relés	42
2.2.5.3. Display 7 segmentos	43
2.2.5.4. LCD	43
2.2.6. Microprocesadores y Microcontroladores	44
2.2.6.1. Microcontroladores	44
2.2.6.2. Microprocesadores	46
2.2.6.3. Arduino	49
2.2.6.4. Arduino UNO	50
2.2.6.5. Arduino Mega	52
2.2.6.6. Arduino Due	53
2.2.7. Sistemas	54
2.2.7.1. Sistemas Inteligentes	55
2.2.7.2. Sistemas Electrónicos	56
2.2.8 Semáforos	59
2.2.8.1. Semáforos Vehiculares	61
2.2.8.2. Semáforos Peatonales	62
2.2.8.3. Semáforos Inteligentes	62
2.2.9. Inteligencia Artificial	63
2.2.9.1. Clasificación de la IA:	63
2.2.9.2. Aplicaciones Inteligencia artificial:	65
<b>Capítulo 3: Técnica Propuesta</b>	67
3.1 Metodología	67
3.1.1 Diseño de Investigación	67
3.1.2 Tipo de Investigación	67
3.1.3 Materiales	68
3.2 Procedimiento y Montaje de Circuitos	69
3.2.1 Placa de Alimentación	76
3.2.2 Parte Microcontrolada	77
3.2.3. Sistema Electrónico de Toma de Datos	81
3.2.4. Sistema Electrónico de Actuación	82
3.2.5. Sistema Electrónico de Información	83
3.2.6. Pantalla LCD	83
3.2.7. Sistema Electromecánico de Control	85
3.3. Diseño de diagramas	86
3.4. Elaboración de placas	92
3.5. Sensor de Inducción	98
3.6. Elaboración de Maqueta	100
3.7. Casos de Fluidez de Transito	108

3.8. Código de Programación	112
<b>Capítulo 4: Caso de Estudio</b>	121
4.1 Técnicas de análisis	121
4.2 Resultados	122
4.3 Conclusiones	129
4.4 Recomendaciones	130
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	131

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Representación Simbólica de Resistencias.	20
Imagen 2. Resistencia.	21
Imagen 3. Colores de Resistencias	21
Imagen 4. Tipos de Resistencias	22
Imagen 5. Condensadores	21
Imagen 6. Tipos de Condensadores	24
Imagen 7. Diodos	25
Imagen 8. Tipos de Diodos	26
Imagen 9. Transistores	27
Imagen 10. Tipos de Transistores	27
Imagen 11. Esquemático Transistor NPN	28
Imagen 12. Esquemático Transistor PNP	29
Imagen 13. Funcionamiento de Sensores	30
Imagen 14. Sensor de Presión	31
Imagen 15. Sensor Magnético	32
Imagen 16. Sensor de Temperatura	32
Imagen 17. Sensor de Ultrasonidos	32
Imagen 18. Sensor MF01	33
Imagen 19. Módulo de Pesaje SWB505	35
Imagen 20. Optoacoplador con Vía de Transmisión Luminosa	36
Imagen 21. Optoacoplador con Vía de Transmisión Reflejante	37
Imagen 22. Opto acoplador de Camino de Aire	37
Imagen 23. Sensor CNY70	38
Imagen 24. Esquematación de Sensor CNY70	38
Imagen 25. Posibles Conexiones del CNY70	39
Imagen 26. Transistor PNP como Sensor	40
Imagen 27. Transistor NPN como Sensor	40
Imagen 28. Diodo Emisor de Luz – LED	41
Imagen 29. Tipos de Leds	42
Imagen 30. Tipos de Relés	42
Imagen 31. Displays de 7 Segmentos	43

Imagen 32. Liquid Crystal Display – LCD	44
Imagen 33. Microcontrolador ATMEL	44
Imagen 34. Estructura de un Microcontrolador	45
Imagen 35. Partes de un Microcontrolador	46
Imagen 36. Microprocesador	47
Imagen 37. Arquitectura de un Microprocesador Intel 4004	48
Imagen 38. Símbolo de Arduino	49
Imagen 39. Símbolo de ATMEL	50
Imagen 40. Arquitectura Básica de Microcontroladores ATMEL	50
Imagen 41. Arduino Uno	50
Imagen 43. Arduino Due	53
Imagen 42. Arduino Mega	52
Imagen 44. Sistemas Inteligentes.	56
Imagen 45. Sistemas Electrónicos	58
Imagen 46. Semáforo	59
Imagen 47. Semáforos Vehiculares	61
Imagen 48. Semáforo Peatonal	62
Imagen 49. Distribución de Sensores	72
Imagen 50. Distribución de Sensores por vía	73
Imagen 51. Distribución de Semáforos Peatonales	74
Imagen 52. Distribución de Semáforos Vehiculares	75
Imagen 53. Regulación de Voltaje	76
Imagen 54. Arduino Due	77
Imagen 55. Arduino Mega 2560	78
Imagen 56. LiveWire Professional Edition 1.11	79
Imagen 57. Montaje sobre ProtoBoard	80
Imagen 58. PCBWizard Professional Edition 3.50	80
Imagen 59. Quemado de Placas PCB	81
Imagen 60. Placa de Conexión de Sensores	82
Imagen 61. Placa de Semáforos y Displays.	83
Imagen 62. LCD 20x4	84
Imagen 63. Interfaz de LCD 20x4	84
Imagen 64. LCD e Interfaz 20x4	85
Imagen 65. Sistema de Control	85
Imagen 66. Diagrama de Alimentación	86
Imagen 67. Esquemático Sensor CNY70	86
Imagen 68. Esquemático de Placa de Sensores	87
Imagen 69. Diagrama de Luces del Semáforo	88
Imagen 70. Diagrama de Semáforos y Displays	89
Imagen 71. Diagrama de Posible Multiplexación de LCDs	90
Imagen 72. Esquemático de Sistema de Control	91
Imagen 73. Real World de Alimentación	92
Imagen 74. PCB de Alimentación	92
Imagen 75. Real World de Placa de Sensores	93
Imagen 76. PCB de Placa de Sensores	93
Imagen 77. Real World de Luces de Semáforo	94
Imagen 78. PCB de Luces de Semáforo	94
Imagen 79. Real World de Semáforo y Displays	94

Imagen 80. PCB de Semáforo y Displays	94
Imagen 81. Real World de Interfaz de LCD	95
Imagen 82. PCB de Interfaz de LCD	95
Imagen 83. Real World de Sistema de Control	96
Imagen 84. PCB de Sistema de Control	97
Imagen 85. Sensor de Inducción	98
Imagen 86. Elaboración de la maqueta	100
Imagen 87. Maqueta terminada	101
Imagen 88. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	102
Imagen 89. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	103
Imagen 90. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	104
Imagen 91. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	105
Imagen 92. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	106
Imagen 93. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes	107
Imagen 94. Casos de fluidez de transito aplicados	111

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diseño de la Investigación	13
Tabla 2. Tabla de Colores de Resistencias	22
Tabla 3. Características de Arduino Uno	51
Tabla 4. Características de Arduino Mega	52
Tabla 5. Características de Arduino Due	53
Tabla 6. Tabla Comparativa	54
Tabla 7: Tabla de Materiales	69
Tabla 8. Relación Vehículos/Tiempo	112
Tabla 8. Relación Vehículos/Tiempo	112
Tabla 10. Toma de Datos de Semáforo Convencional	123
Tabla 11. Toma de Datos de Semáforo Inteligente	127
Tabla 12. Análisis y Comparación de resultados obtenidos	128

# Capítulo 1: Planteamiento Teórico

---

## 1.1 Título del proyecto

SEMAFORO INTELIGENTE PARA REGULAR EL TRANSITO VEHICULAR  
BASADO EN OPEN HARDWARE

---

## 1.2 Descripción del problema

Las causas de la congestión vehicular son variadas. Los factores que provocan la congestión vehicular pueden ser de corto y largo plazo. Se tiene un rápido crecimiento poblacional y de trabajo, es decir, el rápido crecimiento en el número de hogares y trabajos en el área; esto inevitablemente incrementa el flujo diario de automóviles a través de dicha área. Otra causa es el uso más intensivo de vehículos automotores que se debe a la disminución del precio de los automóviles y al acceso al crédito que han hecho más accesible la compra de autos particulares (Thomson, 2002).

El parque automotor se ha incrementado través del tiempo, en el 2003 existían 78,162 vehículos mientras que en el año 2011 ya existían 118,980; esto implica que la congestión vehicular ha ido en incremento en periodos cortos de tiempo (MTC, 2015).

Los accidentes de tránsito van de la mano con el crecimiento vehicular, para el año 2004 la Policía Nacional del Perú registró un total de 3,808 accidentes, en cambio durante el año 2015 fueron registrados un total de 5,182 accidentes de tránsito en la ciudad de Arequipa. Las principales causas registradas fueron el exceso de velocidad, la imprudencia del conductor y la imprudencia del peatón (PNP, 2015).

Debido a que las áreas de tránsito vehicular son pequeñas en la ciudad de Arequipa y la cantidad de vehículos que se han incrementado entonces producen lo que se denomina “embotellamiento”; el cual consiste en que los vehículos formen largas colas

ante un semáforo que tiene frecuencias finitas para dirigir el tráfico. Por otro lado los frecuentes cortes de luz eléctrica permiten que los semáforos queden apagados, por lo que el caos vehicular se generaliza, dando como consecuencia grandes pérdidas de tiempo a las personas que usan este servicio.

---

### 1.3 Delimitaciones y definición del problema

#### 1.3.1 Delimitaciones

##### a. Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación se lleva a cabo en la ciudad de Arequipa.

##### b. Delimitación temporal

El trabajo se inicia en julio del 2016 y culmina en abril del 2017.

##### c. Delimitación social

Está orientado a resolver problemas sobre el tránsito vehicular utilizando la parte hardware con un agente inteligente, por lo que ayudaría a resolver el congestionamiento de vehículos y así mismo la reducción de accidente.

##### d. Delimitación conceptual

Agente inteligente, Semáforo inteligente, Open hardware.

#### 1.3.2 Definición del problema

Implementar un semáforo que permita regular el congestionamiento vehicular a través de sensores, evitando accidentes automovilísticos y logrando fluidez en el tránsito.

---

## 1.4 Formulación del problema

### 1.4.1 Problema principal

Proponer la implementación de un semáforo que permita regular la fluidez del tránsito.

---

## 1.5 Objetivos de la investigación

### 1.5.1 Objetivo general

Construir un prototipo del semáforo inteligente para regular el tránsito vehicular

### 1.5.2 Objetivos específicos

1. Modelar el dispositivo que resuelva el problema sensorial para la detección de vehículos.
2. Diseñar el agente inteligente que permita la planificación del tránsito vehicular.
3. Diseñar un conjunto de condiciones que permitan regular el tránsito vehicular.
4. Regular el flujo vehicular mediante la obtención de datos en tiempo real.
5. Modelar una secuencia de todos los casos posibles para la toma de decisiones.
6. Controlar y asignar prioridades a las vías con mayor flujo vehicular.
7. Optimización de tiempo para mejorar la fluidez de vehículos y peatones.
8. Garantizar la fiabilidad de funcionamiento y bajo mantenimiento del sistema en conjunto.

---

## **1.6 Viabilidad de la investigación**

### **1.6.1 Económica**

Se cuenta con los recursos económicos necesarios para solventar el presente trabajo de investigación.

### **1.6.2 Técnica**

Se cuenta con la capacidad académica y los conceptos adecuados para resolver el problema.

### **1.6.3 Operativa**

Medios bibliográficos, Internet, bibliotecas y otras universidades con infraestructura, laboratorios, entre otros.

---

## **1.7 Justificación e importancia de la investigación**

### **1.7.1 Justificación**

Los trabajos de investigación han demostrado que si no se lleva a cabo una regulación del tránsito vehicular entonces factores como los accidentes de tránsito, los accidentes peatonales y el desorden vehicular, influirían en una adecuada planificación de la ciudad.

Los semáforos actualmente instalados a lo largo de la ciudad son en muchos casos obsoletos, logrando una deterioración rápida producto de las fallas eléctricas y la alta irradiación solar; conllevando un alto costo de mantenimiento. Por otro lado las horas punta no presentan una solución inadecuada para una fluidez en el tránsito vehicular, provocando altas tasas

de retraso y de fluidez vehicular.

### **1.7.2 Importancia**

Permite evitar los accidentes de tránsito logrando una estabilidad en la fluidez del mismo a lo largo de una ciudad o localidad

---

## **1.8 Limitaciones de la investigación**

Los sensores solamente detectaran a los vehículos, mas no su forma ni tamaño.

El trabajo de investigación no contempla a aquellos vehículos de gran envergadura y una gran combinación de entre gran y pequeña envergadura.

Para el trabajo de investigación los autores se limitan a construir un prototipo de semáforo inteligente a escala para realizar las pruebas respectivas.

---

## **1.9 Área, línea, tipo y nivel de la investigación**

### **1.9.1 Área de investigación**

Comunicación de datos.

### **1.9.2 Línea de investigación**

Domótica.

### **1.9.3 Tipo de investigación**

Aplicada.

### **1.9.4 Nivel de investigación**

Exploratorio, porque es necesario obtener un conjunto de datos que permitan obtener indicadores por medio de la comparación.

## 1.10 Método y diseño de la investigación

### 1.10.1 Método de la investigación

Investigación aplicada, empleando el método lógico deductivo.

### 1.10.2 Diseño de la investigación

Para la investigación se utilizará las siguientes técnicas, instrumentos y materiales de verificación, como se señala en el siguiente cuadro:

VARIABLES	TECNICAS	INTRUMENTOS DOCUMENTALES
Cantidad de vehículos en las intersecciones de semáforo	Observación	Ficha de observación documental.
La fluidez vehicular	Observación	Ficha de observación documental

*Tabla 1:* Diseño de la Investigación  
*Fuente:* Elaborado por los Autores.

#### 1.10.2.1 Forma de tratamiento de los datos

Para el proceso de los datos provenientes de la aplicación de los instrumentos, se utilizará:

##### a) Matriz de tabulación

Con el fin de contabilizar las respuestas a las observaciones hechas al caso de estudio que se aplicará.

## **b) Cuadros estadísticos**

Elaboración de cuadros estadísticos descriptivos que permitan visualizar las respuestas correspondientes en términos de indicadores.

## **c) Análisis**

Se hará un análisis estadístico descriptivo aplicado a los resultados obtenidos. La descripción de los cuadros de distribución de frecuencias permitirá obtener resúmenes adecuados de la información referente a la simulación de datos.

---

### **1.11 Cobertura del estudio**

#### **1.11.1 Universo**

El 80% de los 72 semáforos se encuentran en mal estado por las temporadas de lluvia que afecta cada año. Para el 2017 Arequipa contará con 125 semáforos inteligentes según informó el gerente municipal, Ricardo Chávez (MTC, 2015).

#### **1.11.2 Muestra**

En vista que la construcción del semáforo, para el presente trabajo de investigación, es una simulación entonces se trabajara bajo un muestreo por cuotas lo cual implica que confeccionara uno de ellos para ser las pruebas pertinentes.

---

## 1.12 Plan de trabajo

- Análisis de las aplicaciones informáticas que existen en el mercado.
- Análisis de las estadísticas sobre el tránsito vehicular.
- Grado de utilización efectiva de las medidas de los semáforos.
- Generación de documentación respectiva.



## Capítulo 2: Marco Teórico

En este capítulo sustentaremos las bases teóricas y se mencionaran trabajos de investigación similares realizados por otros investigadores. Expondremos en forma clara y sencilla, pero a la vez detallada, todos los aspectos necesarios para el análisis conveniente del diseño realizado y de los datos tomados. Hemos realizado también una búsqueda exhaustiva sobre sistemas inteligentes de control de tráfico vehicular y peatonal, muchos de esos conocimientos nos han servido para el desarrollo y mejoramiento de algunas de las ideas convertidas en esquemas electrónicos y códigos de programación de este trabajo. Para ello necesitamos desarrollar conceptos y definiciones para el entendimiento adecuado y completo del tema que aquí exponemos y tratamos.

---

### 2.1 Estado del Arte

Deternoz & Fernández con su proyecto “Sistema de gestión y monitoreo del tránsito a través de semáforos inteligentes” se encargan de recolectar información de los dispositivos conectados al semáforo para posteriormente analizarla y realizar la gestión y monitoreo del tránsito; elaborando un módulo que controla una red de semáforos de forma inteligente trabajando cada semáforo en conjunto con los semáforos adyacentes a este mediante el uso de sensores. (Deternoz & Fernández, 2006).

Explica que cada año que pasa la población va creciendo, va aumentando vehículos por el bajo precio, asimismo se incrementan los rompe muelles y baches lo cual ese es el motivo de la disminución de la velocidad de los vehículos dando

como consecuencia el aumento de tráfico (Gómez, 2011).

Propone un semáforo inteligente para la ciudad de Trujillo, su objetivo está basada en las calles y avenidas para que supervise la fluidez vehicular con el cambio de luces en los semáforos. El sistema se desarrolló en Python con la base de datos MYSQL con la ayuda de la parte de hardware y lo aplicará en las intersecciones principales de la zona (López, 2014).

Mendoza y Villacis en su proyecto de tesis indican que debido al gran aumento del parque automotor, llevó acabo un control vehicular que le llamo “pico y placa”, este proyecto consistía en disminuir el ingreso vehicular a las zonas principales considerando el último dígito de la placa y en las horas de congestión por la cual esta opción no fue la indicada por la gran incomodidad de las personas; es por eso que el autor de este proyecto de tesis tuvo la necesidad de hacer un análisis y solución, utilizando una aplicación móvil con GPS; esta aplicación es utilizado bajo la colaboración de las personas, para así mismo fomentar el orden vehicular de tal manera que podrán llegar a su destino sin tener ningún inconveniente (Mendoza & Villacis, 2014).

Terrazos & Verastegui cuyo proyecto consiste en proporcionar una herramienta tecnológica a la policía de tránsito donde podrá realizar consultas al momento de intervenir al conductor basándose en la arquitectura SOA (Arquitectura orientada a Servicios) con una aplicación web móvil a través de programación java (Terrazos & Verastegui, 2014).

A diferencia de los estudios anteriores, el presente trabajo busca ser una eficiente alternativa de bajo costo, que pueda ser fácilmente implementada sin la

necesidad de algún aplicativo para los usuarios finales haciendo uso de dispositivos electrónicos de fácil acceso y que cuentan con software libre aprovechando la versatilidad de Arduino. De esta manera quedando las puertas abiertas a futuras mejoras e implementaciones dependiendo de las necesidades que se presenten.

---

## 2.2 Marco conceptual

### 2.2.1 Lenguajes de Programación

El lenguaje es una serie de símbolos que sirven para transmitir mensajes o ideas entre dos diferentes entidades. A esa transmisión de mensaje se conoce como comunicación. La comunicación es un proceso que requiere de ciertas reglas, sencillas por si solas, pero que a su vez hacen complejo el acto comunicativo, y son indispensables para poder llevar a cabo la transmisión adecuada de ideas. Un lenguaje de programación es una serie de símbolos y caracteres que sirven para transmitir órdenes a una CPU. Este tipo de comunicación, entre ordenadores y personas, también necesita de reglas sencillas, las cuales nos ayudan a realizar operaciones de entrada/salida, cálculos, manipulaciones, almacenamiento de datos, comparaciones, recuperación de información (Ureña, 2011).

Los lenguajes de programación pueden ser clasificados en tres tipos:

- a) Lenguaje Máquina: es aquel lenguaje entendible directamente por cualquier computador, ya que las instrucciones se expresan en términos de unidades de memoria básicas (bits), así la CPU puede comprender y ejecutar el programa sin necesidad de ninguna traducción anterior. (Vicente, 2011)

- b) Lenguajes de Bajo Nivel: esta clase de lenguajes basan sus instrucciones en códigos alfabéticos para las operaciones y direcciones simbólicas que necesita conocer el CPU. (Vicente, 2011)
- c) Lenguajes de Alto Nivel: en estos lenguajes las instrucciones o sentencias son escritas con palabras similares al lenguaje humano, lo cual hace que sean de fácil escritura y comprensión. (Vicente, 2011)

### 2.2.2 Lenguaje Processing/Wiring

Processing es un lenguaje de alto nivel orientado a la creación visual, creada pensando en que se desarrolle como una plataforma para la creación de aplicaciones con altos niveles interactivos (Almansa, 2013).

Este proyecto ha sido muy desarrollado por la comunidad en Internet, los que han creado un sinfín de librerías para facilitar las conexiones y poder producir acciones sobre el mundo virtual y sobre el mundo real.

Wiring es un entorno de programación de entradas y salidas, basado en Processing, y es el lenguaje que se utiliza para trabajar con la plataforma Arduino (Almansa, 2013),

### 2.2.3 Electrónica Básica

La electrónica es el campo de la ingeniería que estudia el comportamiento de los electrones cuando estos viajan a través de dispositivos pasivos y semiconductores, para así generar, recibir almacenar y transmitir información en forma de señales eléctricas. El movimiento de estos electrones genera diversos fenómenos físicos, como la emisión de luz, la generación de

ondas de sonido, etc. Esta información puede ser a su vez contener imágenes, sonidos y datos. La electricidad se basa en tres magnitudes físicas fundamentales: el voltaje o tensión (V), la intensidad (I) y la resistencia eléctrica ( $\Omega$ ) (Salcedo, 2014).

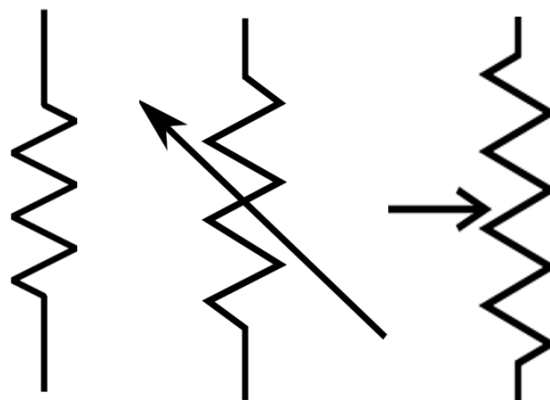
### 2.2.3.1 Ley de ohm

La ley de Ohm relaciona las tres magnitudes físicas fundamentales, se le conoce con este nombre en honor de Georg Simon Ohm, un físico alemán. Esta ley se expresa de la siguiente forma (Aranzabal, 2001).

$$I = \frac{V}{R}$$

### 2.2.3.2 Resistencias

La resistencia eléctrica es la oposición que presenta un conducto al paso de la corriente eléctrica. Su unidad es el Ohmio, que se representa con la letra griega omega ( $\Omega$ ) (Aranzabal, 2001).



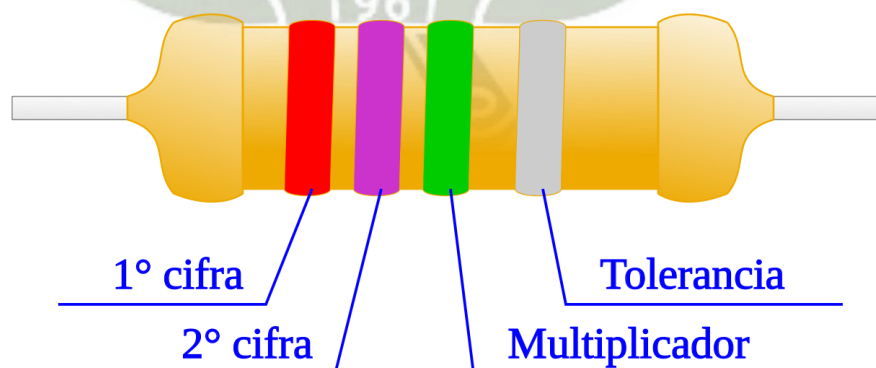
*Imagen 1.* Representación Simbólica de Resistencias.  
*Fuente:* Elaborado por los Autores

En la imagen anterior se pueden distinguir tres diferentes símbolos usados para las resistencias o resistores: el primero corresponde a resistencias eléctricas simples; el segundo resistencias eléctricas variables (temperatura, luz, presión, humedad, etc.); mientras que el tercero representa resistores variables de tipo potenciómetro.



**Imagen 2.** Resistencia.  
*Fuente: Elaborado por los Autores*

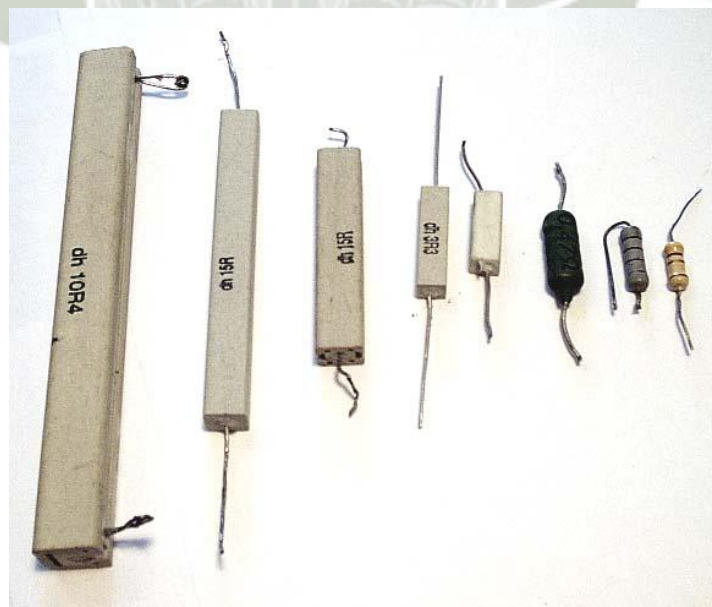
Las resistencias son elementos pasivos que disipan energía en forma de calor, como se aprecia en la imagen anterior tienen un código de colores con el cual se puede determinar su valor en ohmios.



**Imagen 3.** Colores de Resistencias.  
*Fuente: Areatecnologia (2015)*

Color	1° y 2° cifra	Multiplicador	Tolerancia
Negro	0	1	--
Marrón	1	10	+/- 1%
Rojo	2	100	+/- 2%
Naranja	3	1000	+/- 3%
Amarillo	4	10000	+/- 4%
Verde	5	100000	--
Azul	6	1000000	--
Violeta	7	--	--
Gris	8	0.1	--
Blanco	9	0.01	--
Dorado	--	--	+/- 5%
Plateado	--	--	+/- 10%
Sin color	--	--	+/- 20%

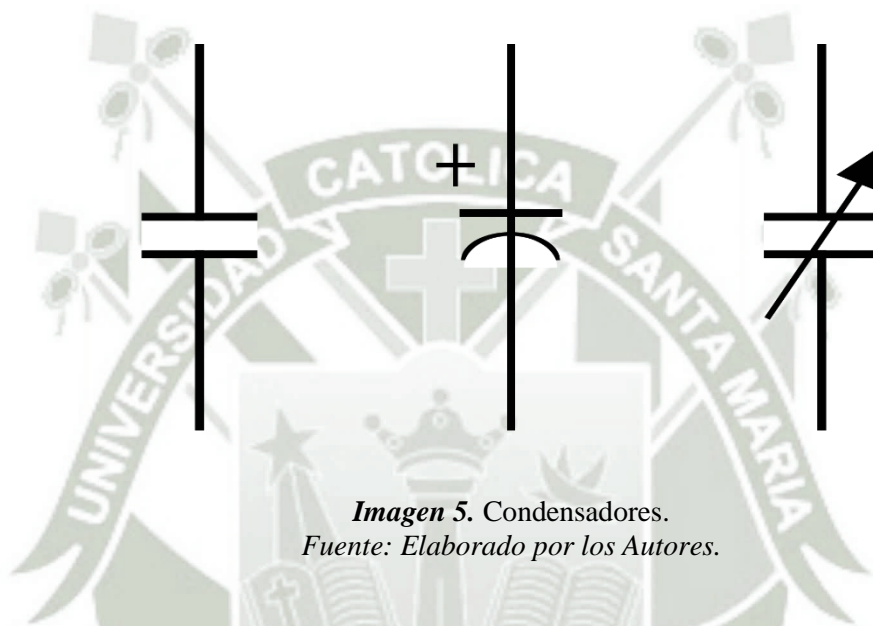
**Tabla 2.** Tabla de Colores de Resistencias.  
*Fuente: Areatecnologia (2015)*



**Imagen 4.** Tipos de Resistencias.  
*Fuente: Salcedo (2014)*

### 2.2.3.3 Condensadores

Es un componente eléctrico usado para aumentar la capacidad eléctrica y la carga pero sin aumentar el potencial, está compuesto de dos conductores (encarados o enrollados) separados por un material dieléctrico o un medio aislante (Aranzabal, 2001).

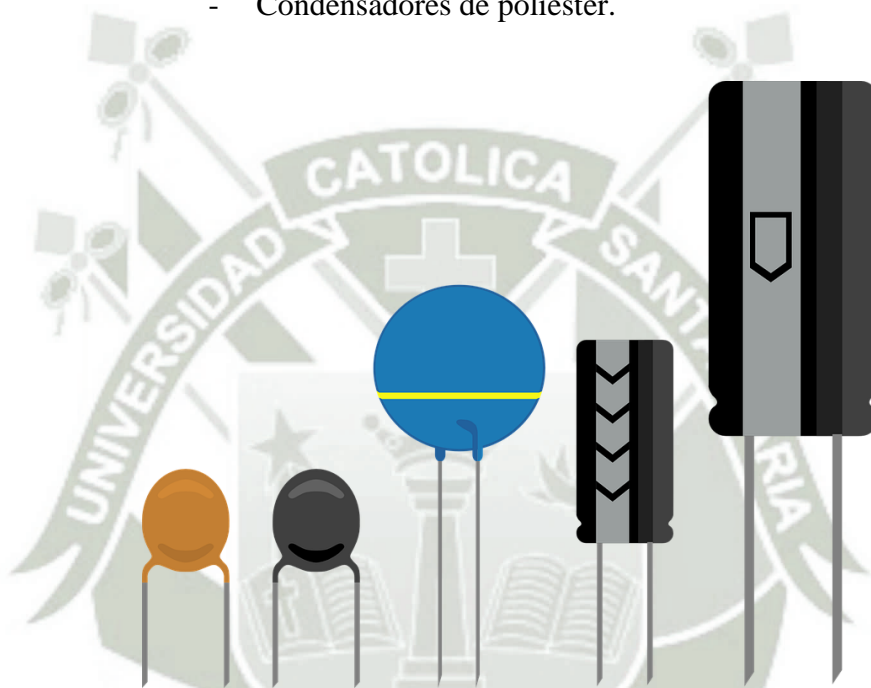


*Imagen 5.* Condensadores.  
*Fuente:* Elaborado por los Autores.

En la imagen anterior se pueden distinguir tres diferentes símbolos usados para los condensadores o capacitores: el primero corresponde a capacitores sin polaridad, normalmente de tipo cerámico; el segundo son condensadores polarizados, normalmente de tipo electrolítico; mientras que el tercero representa capacitores variables (Aranzabal, 2001).

Existen diversos tipos de condensadores, divididos por su material de construcción, los más conocidos y utilizados son los siguientes:

- Condensadores de mica.
- Condensadores electrolíticos.
- Condensadores de aluminio.
- Condensadores de tantalio.
- Condensadores cerámicos.
- Condensadores de poliéster.



**Imagen 6.** Tipos de Condensadores.  
*Fuente: EFECTDOSMIL (2006).*

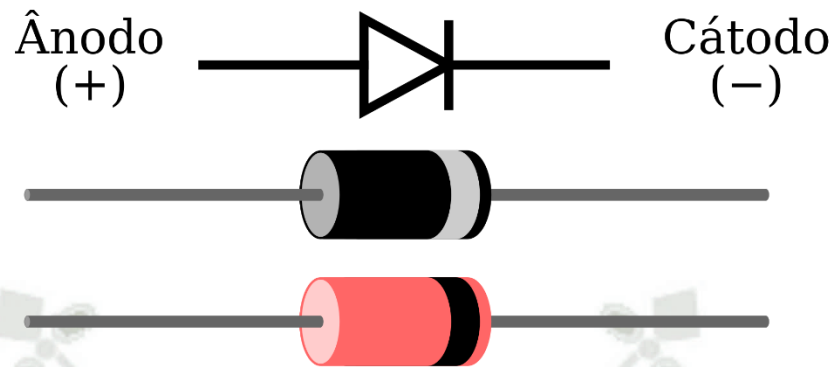
La capacidad de los condensadores se expresa en Faradios (F).

Los valores normalmente están en rangos desde los pico faradios hasta los micro faradios (Aranzabal, 2001).

#### 2.2.3.4 Diodos

Los diodos son materiales de tipo semiconductor que permiten la conducción eléctrica en un sentido, pero se oponen a esta en sentido opuesto. Podemos imaginarlos como la versión eléctrica de las

válvulas, por tal motivo cuando recién fueron creados, les dieron el nombre de válvulas (Aranzabal, 2001).



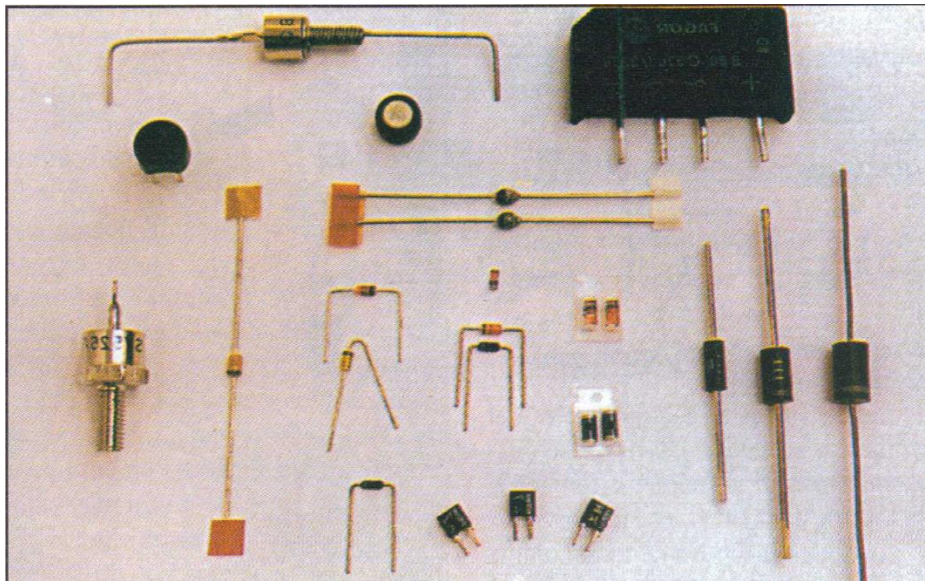
*Imagen 7. Diodos.*

*Fuente: EFECTDOSMIL (2006).*

Como podemos apreciar en la imagen anterior, de manera física el diodo tiene una sección con una línea dibujada, esa línea representa el cátodo o la parte negativa del semiconductor, mientras que el pin restante representa el ánodo o la parte positiva del dispositivo (Aranzabal, 2001).

Por su naturaleza semiconductor son utilizadas en varios tipos de circuitos y en varias formas, las más conocidas son:

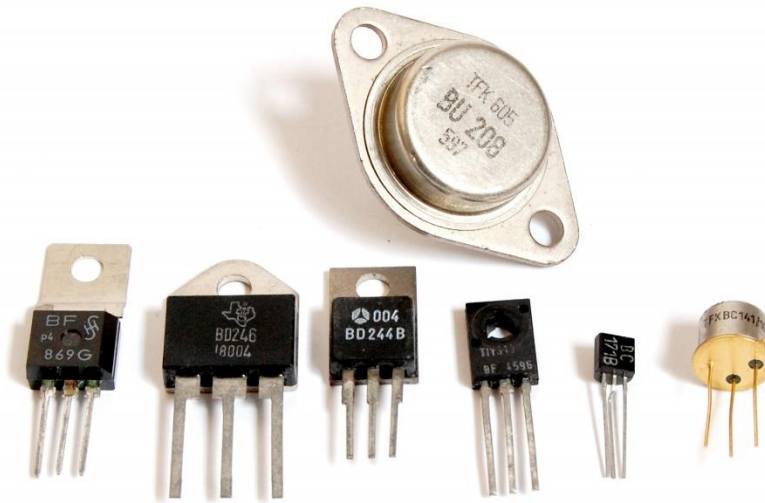
- Diodos rectificadores.
- Diodos de señal.
- Diodos de protección.
- Puentes rectificadores.



*Imagen 8.* Tipos de Diodos.  
*Fuente:* Aprendeymas (2015).

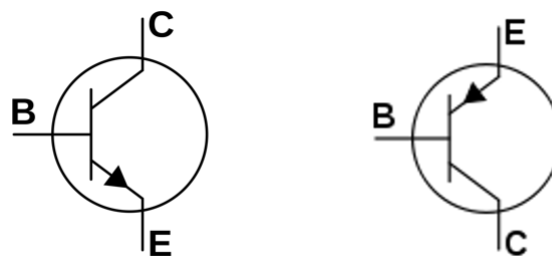
#### 2.2.3.5 Transistores

Los transistores son componentes electrónicos fabricados en base a compuestos semiconductores, su principal función es la de amplificar pequeñas corrientes provenientes de circuitos integrados o sensores para poder manejar componentes de mayor consumo como relés, a esa corriente amplificada se le conoce como ganancia. También pueden ser utilizados como interruptores (Aranzabal, 2001).



**Imagen 9.** Transistores.  
*Fuente: Aprendeymas (2015).*

Existen dos tipos de transistores: los transistores tipo NPN y tipo PNP; estas letras hacen referencia al tipo de material semiconductor distribuido en capas dentro del componente, donde N es negativo y P es positivo. Los transistores más comunes y más utilizados son los de tipo NPN, ya que por su distribución son más sencillos y baratos de construir (Aranzabal, 2001).

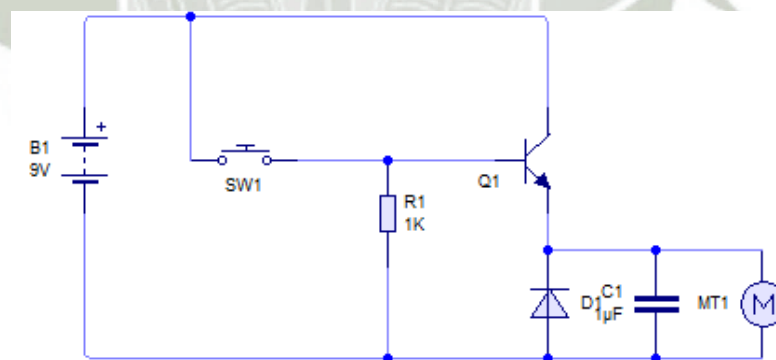


**Imagen 10.** Tipos de Transistores.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

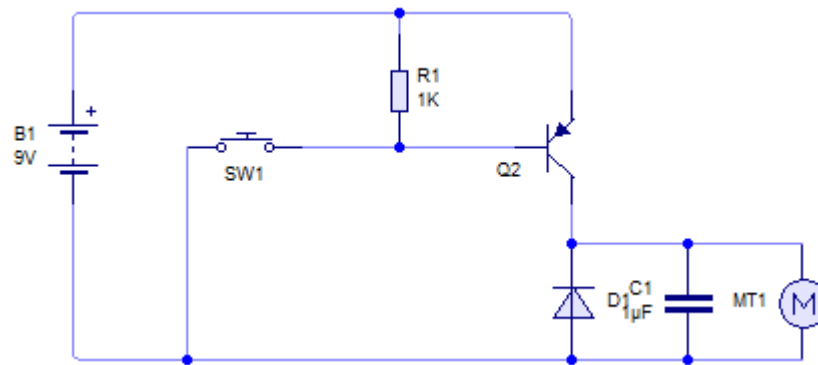
Ambos tipos de transistores cuentan con tres pines los cuales poseen los siguientes nombres: base (B), colector (C) y emisor E, y según la distribución de estos se puede diferenciar el tipo de transistor usado en un esquemático o diagrama electrónico (Aranzabal, 2001).

Para este proyecto en particular vamos a utilizar los transistores de ambos tipos, pero en tipo de funcionamiento de interruptor.

Transistor como interruptor: para este tipo de funcionamiento se considera al transistor como un interruptor sencillo, donde solo tendremos dos estados bien diferenciados: apagado o encendido. En el caso de estar encendido se considera que el voltaje entre el colector y el emisor es prácticamente cero, por lo que la potencia es muy pequeña. Mientras que en el estado apagado la potencia es cero (Aranzabal, 2001).



**Imagen 11.** Esquemático Transistor NPN.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



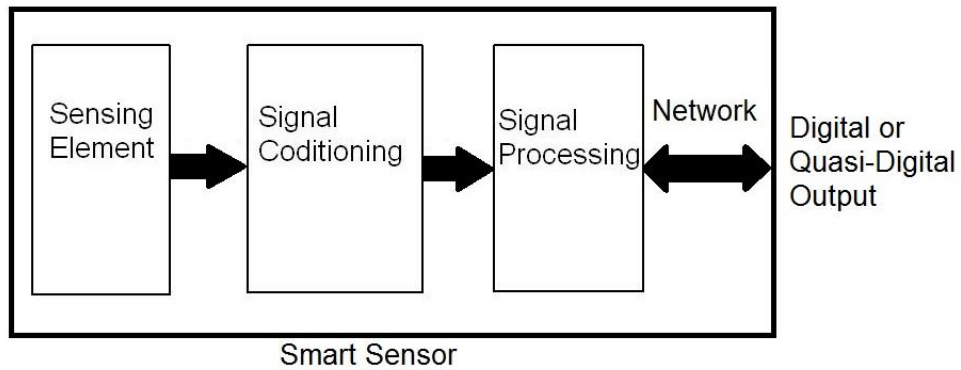
**Imagen 12.** Esquemático Transistor PNP.

*Fuente: Elaborado por los Autores.*

En los esquemáticos anteriores se logra apreciar la conexiones de los dos tipos de transistores, en los cuales también se utilizan diodos de protección para proteger al transistor del alto voltaje producido al momento de desconectar la carga (en estos casos un motor). Esa misma distribución la utilizamos en nuestro proyecto para la protección de los transistores al desconectar los relés del sistema de control (Aranzabal, 2001).

#### 2.2.4 Sensores

Un sensor es un componente, no necesariamente electrónico, que detecta, responde y convierte un tipo de señal física en una señal de otra naturaleza (Pinilla, 2003).



**Imagen 13.** Funcionamiento de Sensores.

*Fuente: Wikiwand (2012).*

#### 2.2.4.1. Características de un Sensor.

- Distancia nominal de detección: corresponde a la distancia de operación y detección efectiva para la cual ha sido diseñado ese sensor.
- Distancia efectiva de detección: corresponde a la distancia inicial de detección.
- Repetibilidad: corresponde a la capacidad del sensor de detectar el mismo objeto a la misma distancia a una temperatura y voltaje constante.
- Frecuencia de conmutación: corresponde a la cantidad de detecciones por segundo que puede alcanzar en condiciones normales.
- Tiempo de respuesta: corresponde al tiempo que transcurre desde que el sensor detecta el objeto y el cambio del estado de voltaje en su salida. (Wikiwand, 2012)

### 2.2.4.2. Resolución y Precisión

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida (Pinilla, 2003).

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Sin embargo la precisión no puede ser menor a la resolución, pues no puede asegurarse que el error en la medida sea menor a la mínima variación en la magnitud de entrada que puede observarse en la magnitud de salida (Pinilla, 2003).

### 2.2.4.3. Tipos de Sensores

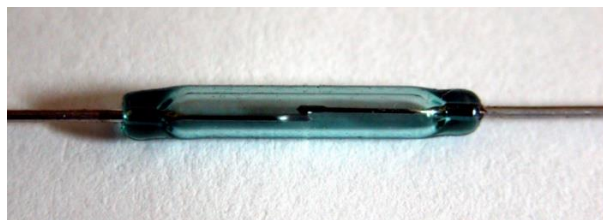
Existen varios tipos de sensores, los cuales se separan de acuerdo a la magnitud física que miden o detectan: (Pinilla, 2003)

- Sensores de Presión.



**Imagen 14.** Sensor de Presión.  
*Fuente: Wikipedia (2016)*

- Sensores magnéticos.



**Imagen 15.** Sensor Magnético.  
*Fuente: Wikipedia (2016).*

- Sensores de temperatura.



**Imagen 16.** Sensor de Temperatura.  
*Fuente: Wikipedia (2016).*

- Sensores de ultrasonidos.



**Imagen 17.** Sensor de Ultrasonidos.  
*Fuente: Wikipedia (2016).*

#### 2.2.4.4. Sensores de Presión

La presión es una magnitud física que se describe como la fuerza que se ejerce sobre una superficie. Puede expresarse en unidades como pascal, bar, kilogramos por centímetro cuadrado, psi y atmósferas (Pinilla, 2003).

Los sensores de presión pueden funcionar de diversas formas, dependiendo de la señal que entregan: mecánicos, electromecánicos, neumáticos, electrónicos, etc (Pinilla, 2003).

- Sensor MF01 – N – 221 – A01: este es un sensor de presión o fuerza desarrollado por la empresa ALPHA. Se basa en el cambio de la resistencia interna por variaciones de presión o flexiones en su membrana. La conexión ideal es a través de un divisor de tensión, desde el cual podemos tomar la señal y conectarla directamente a un Conversor Analógico Digital (ADC) (Pinilla, 2003).



**Imagen 18.** Sensor MF01.  
*Fuente: HETPRO (2016).*

Las características de este sensor se mencionan a continuación:

- i. Rango de Sensibilidad: 30 a 10000 gramos.
- ii. Repetitividad: 5%.
- iii. Resistencia sin carga: 20 MOhms.
- iv. Histéresis: 10%.
- v. Tiempo de respuesta: <1 ms.
- vi. Rango de temperatura: -30°C a 70°C.
- vii. Ancho: 0.05 mm.
- viii. Rendimiento: 100 KOhms a 200 Ohms.
- ix. Gama de fuerza: 0 a 20 libras (0 a 100 Newtons) (0 a 10.1972 Kilogramos-fuerza).

- Módulo de pesaje SWB505 MultiMount: este es un sensor de presión o fuerza desarrollado por la empresa METTLER TOLEDO. Se basa en el cambio de la resistencia interna por variaciones de presión en su sensor interno. La conexión ideal la ofrece el fabricante y no se cuenta con la información hasta después de la compra, pero la señal ya viene acondicionada directamente para la lectura a través de microcontroladores, microprocesadores a puertos de computadores. Cuenta además con protección anti levantamiento (Pinilla, 2003).



**Imagen 19.** Módulo de Pesaje SWB505.  
*Fuente: Mettler Toledo (2016).*

Las características de este sensor se mencionan a continuación:

- x. Rango de Sensibilidad: 5 kilogramos a 4.4 toneladas.
- xi. Repetitividad: 1%.
- xii. Tiempo de respuesta: <1 ms.

#### **2.2.4.5. Sensores de Inducción**

Los sensores de inducción son sensores de proximidad que pueden detectar la presencia de objetos metálicos cuando están a una distancia específica sin necesidad de tener contacto físico, estos sensores son capaces de detectar tanto metales ferrosos como no ferrosos (Pinilla, 2003).

El comportamiento de la onda de detección en estos sensores varía dependiendo del tipo de metal que se detecta, así, cuando se

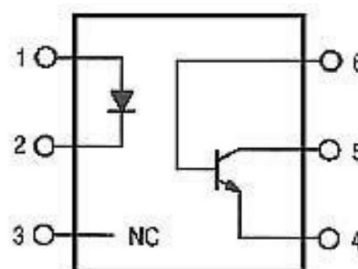
aproxima un material ferroso al sensor la onda de oscilación decrece porque las corrientes de Foucault que produce el material contrarrestan las corrientes del bobinado del sensor, en cambio, si un material no ferroso se aproxima al sensor, la frecuencia aumenta (Pinilla, 2003).

#### 2.2.4.6. Opto acopladores

Son componentes electrónicos compuestos por en su mayoría por una zona de emisión de luz (Leds) y una zona de recepción (foto transistor, foto tiristor, opto-triacs, etc.) usados generalmente para interconectar etapas de potencia en procesos industriales, cargas resistivas o inductivas en sistemas de iluminación, control de velocidad de motores, etc (Aranzabal, 2001).

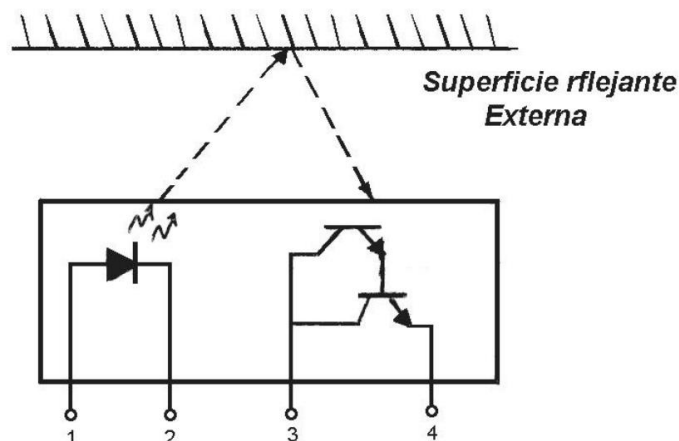
Podemos diferenciar los opto acopladores según el encapsulado:

- Con vías de transmisión luminosa:



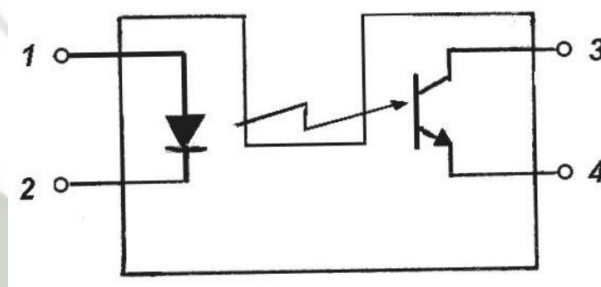
**Imagen 20.** Optoacoplador Vía de Transmisión Luminosa.  
*Fuente: Areatecnologia (2015).*

- Con vías de transmisión reflejada:



**Imagen 21.** Optoacoplador Vía de Transmisión Reflejante.  
*Fuente: Areatecnología (2015).*

- Camino de aire para transmisión de luz:



**Imagen 22.** Optoacoplador de Camino de Aire.  
*Fuente: Areatecnología (2015).*

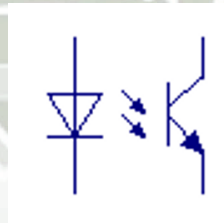
También se puede diferenciarlo según el componente electrónico de recepción de luz: (Aranzabal, 2001)

- Transistor:
- Darlington:
- Schmitt Trigger:
- AC Input – Transistor Output:

- Sensor CNY70: (Llorente, 2010) el sensor CNY70 es un opto acoplador de vías de transmisión reflejada, que cuenta con un diodo led de rayos infrarrojos y un fototransistor.



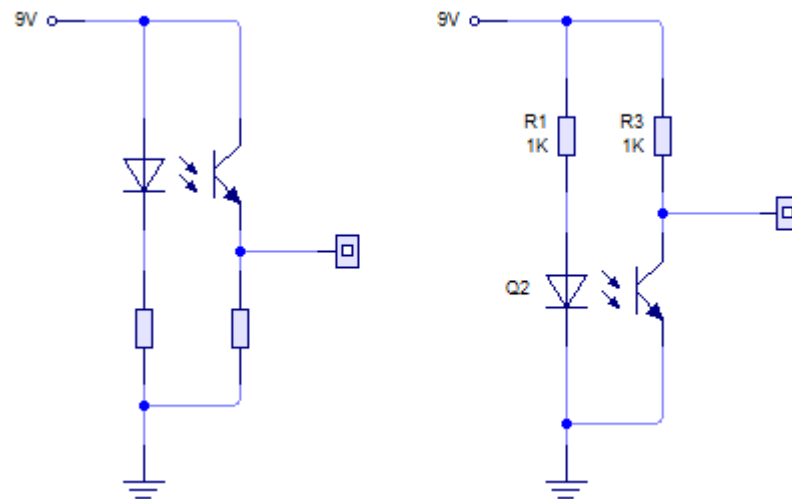
**Imagen 23.** Sensor CNY70.  
*Fuente: Tecnosefarad (2014).*



**Imagen 24.** Esquematación de Sensor CNY70.  
*Fuente: Tecnosefarad (2014).*

Utilizamos este sensor para la detección de objetos en donde contamos con solo dos señales. Una señal alta (uno lógico) cuando el fototransistor recibe los rayos infrarrojos (en nuestro caso cuando detecta el color blanco) y una señal baja (cero lógico) cuando el transistor no recibe los rayos infrarrojos (en nuestro caso cuando no se detecta ningún color).

Podemos encontrar dos formas para la conexión electrónica de este sensor:



**Imagen 25.** Posibles Conexiones del CNY70.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

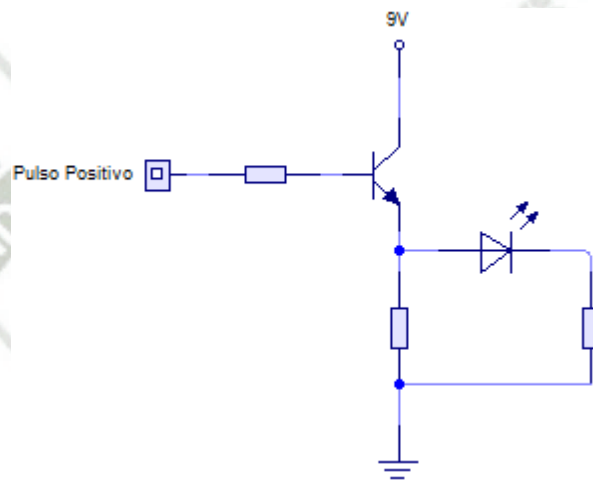
Para el desarrollo de este proyecto utilizaremos la primera distribución, aunque ambas igual nos serían útiles, lo único que cambiaría sería el ingreso del uno o del cero lógico, cambio que sería incluido dentro de la programación.

Las características de este sensor se mencionan a continuación:

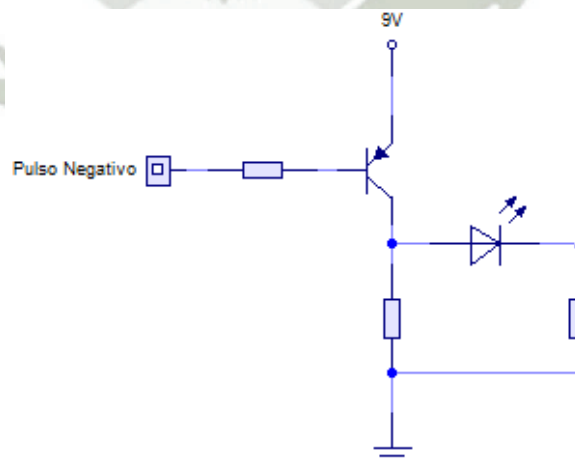
- i. Rango de Sensibilidad: 0.3 a 5 mm.
- ii. Repetitividad: 5%.
- iii. Histéresis: 10%.
- iv. Tiempo de respuesta: <1 ms.
- v. Rango de temperatura: -55°C a 85°C.
- vi. Corriente directa: 50 mA.

### 2.2.4.7. Transistor como sensor

Los transistores al tener un comportamiento semejante al de un interruptor pueden ser utilizados como sensores. Donde la base (negativa o positiva) queda a la espera de un pulso eléctrico para su activación, así al momento de ingresar dicho pulso el colector y el emisor dejan circular la corriente y podemos activar algún componente o realizar la medición del dato (Aranzabal, 2001).



**Imagen 26.** Transistor PNP como Sensor  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 27.** Transistor NPN como Sensor  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 2.2.5. Actuadores

Los actuadores son componentes o dispositivos eléctricos o electrónicos capaces de convertir una señal eléctrica o electrónica en una salida, que se puede percibir en el mundo físico. Y no necesariamente tiene que ser de tipo mecánica como se menciona a la mayoría de definiciones (Aranzabal, 2001).

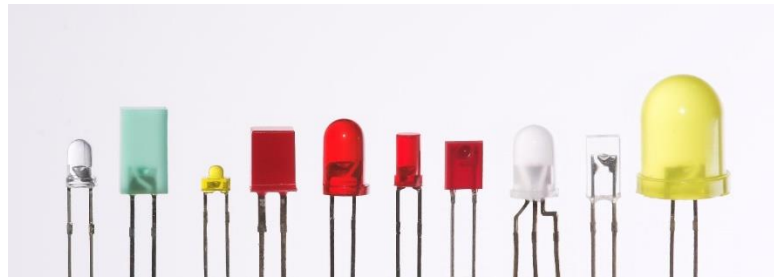
#### 2.2.5.1. Diodo emisor de luz

Los leds (light emitter diode) son componentes electrónicos que tienen el mismo principio de funcionamiento que los diodos, la diferencia se encuentra que cuando conducen en directa emiten luz, el color de la emisión depende del material de fabricación (Aranzabal, 2001).



*Imagen 28.* Diodo Emisor de Luz – LED  
*Fuente:* Clipartlogo (2009).

No solo se usa para visualización, sino también para la transmisión de datos a través de señales fotónicas (para este segundo caso normalmente se utiliza luz no visible, IR) (Aranzabal, 2001).

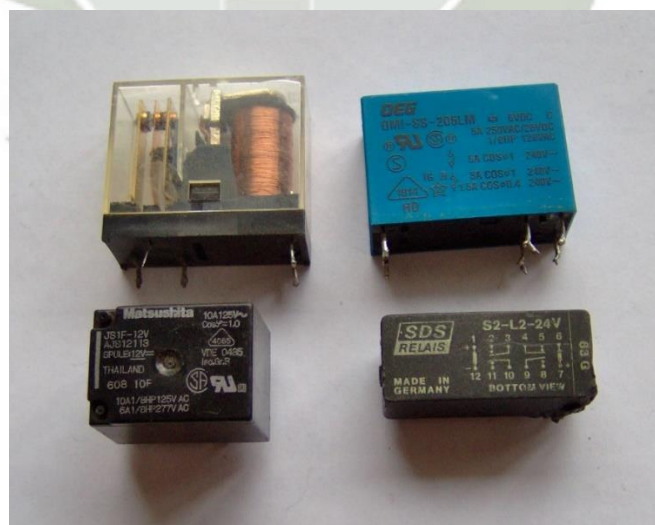


**Imagen 29.** Tipos de Leds  
*Fuente: Electrónica Unicrom, página web.*

### 2.2.5.2. Relés

El relé es un componente de activación eléctrica o electrónica, pero con actuación mecánica, por lo que se le considera un componente electromecánico (Aranzabal, 2001).

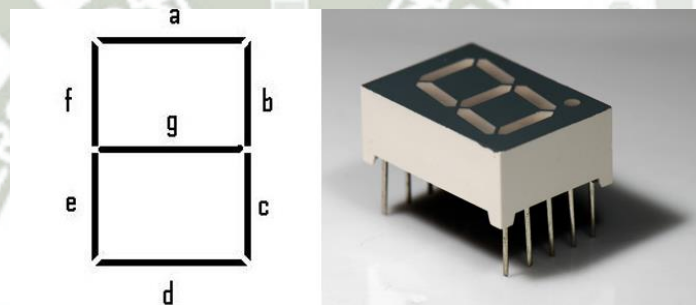
Consta de dos áreas bien diferenciadas, una bobina, que sirve como electroimán para atraer la placa metálica interna del componente, y los conmutadores, que cuentan con dos secciones, una o dos secciones normalmente abiertas y una o dos secciones normalmente cerradas (Aranzabal, 2001).



**Imagen 30.** Tipos de Relés  
*Fuente: Wikipedia (2016).*

### 2.2.5.3. Display 7 segmentos

Los displays de 7 segmentos son componentes electrónicos compuestos por un juego de 7 u 8 leds capaces de encender y apagar de forma independiente. Los cuales al tener una distribución específica, muestran números en base decimal, hexadecimal u otros símbolos en equipos electrónicos tales como alfabetos. Dichas distribuciones no son muy conocidas, debido en gran manera a la existencia de otras formas de mostrar información de manera más clara (Aranzabal, 2001).



*Imagen 31.* Displays de 7 Segmentos.  
*Fuente:* Aranzabal (2001).

### 2.2.5.4. LCD

Los Liquid Crystal Display (LCD) o pantalla de cristal líquido son componentes para la visualización de datos, por lo que se le considera un dispositivo de interfaz humana, que está conformada por varios pixeles de colores o monocromáticos que pueden variar en contraste colocados por encima de una luz de fondo que puede variar en brillo (Waelder, 2003).

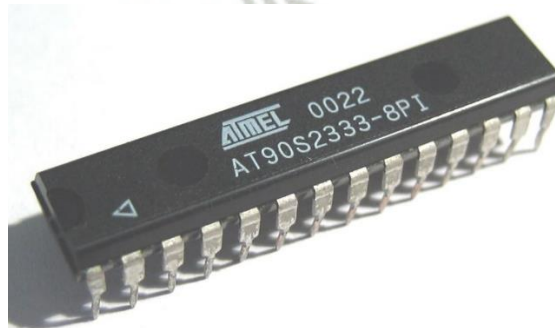


*Imagen 32.* Liquid Crystal Display – LCD  
*Fuente: Instructables (2016).*

## 2.2.6. Microprocesadores y Microcontroladores

### 2.2.6.1. Microcontroladores

Los microcontroladores, también conocidos como PICmicro o control de interfaz periférico son componentes de control basados en microprocesadores (en estos componentes la CPU es el componente fundamental), aunque también cuentan con otros componentes dentro de su encapsulado tipo Circuito Integrado (C.I.) como la memoria, buses de datos, entradas y salidas digitales, puertos de comunicación, temporizadores, perro guardián (watch dog), convertidor analógico digital y digital analógico, etc (Iborra, 2012).

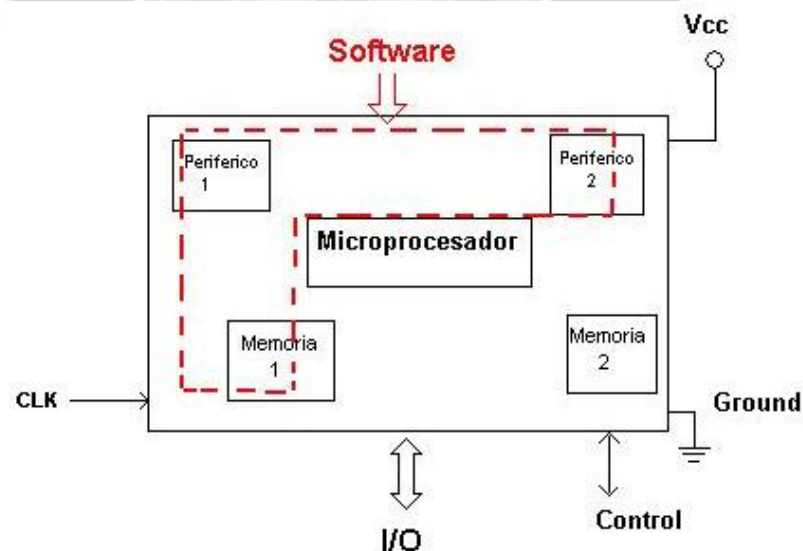


*Imagen 33.* Microcontrolador ATMEL  
*Fuente: Wikipedia (2015).*

Nacen de la necesidad de control de dispositivos industriales, comerciales y domésticos como (Iborra, 2012):

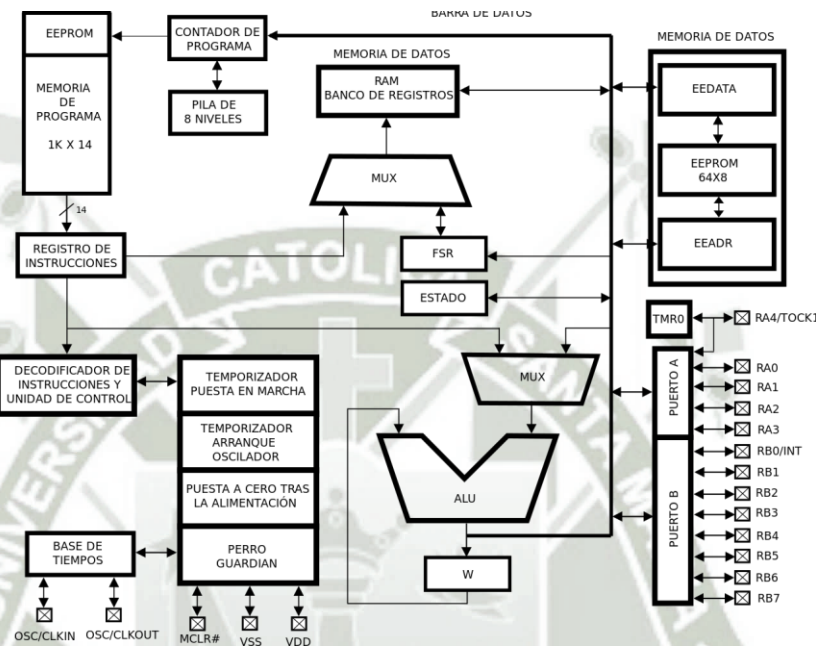
- Instrumentación.
- Automatización.
- Electrodomésticos.
- Automóviles.
- Sistemas de audio y video.
- Periféricos.

Así se incorporan en un solo encapsulado toda la estructura de los sistemas de cómputo, estos sistemas son capaces también de incorporar unidades adicionales que amplían su capacidad de interacción con el mundo físico por lo que pueden considerarse como sistemas abiertos (Iborra, 2012).



**Imagen 34.** Estructura de un Microcontrolador.  
*Fuente: Wikipedia (dic 2016)*

Estos dispositivos cuentan también con una muy alta velocidad para la ejecución de operaciones, tareas y procesos, lo que permite el uso de sensores, automatismo y sistemas de control para aplicaciones de cualquier índole, tomando datos, procesándolos y dando instrucciones en tiempo real (Iborra, 2012).



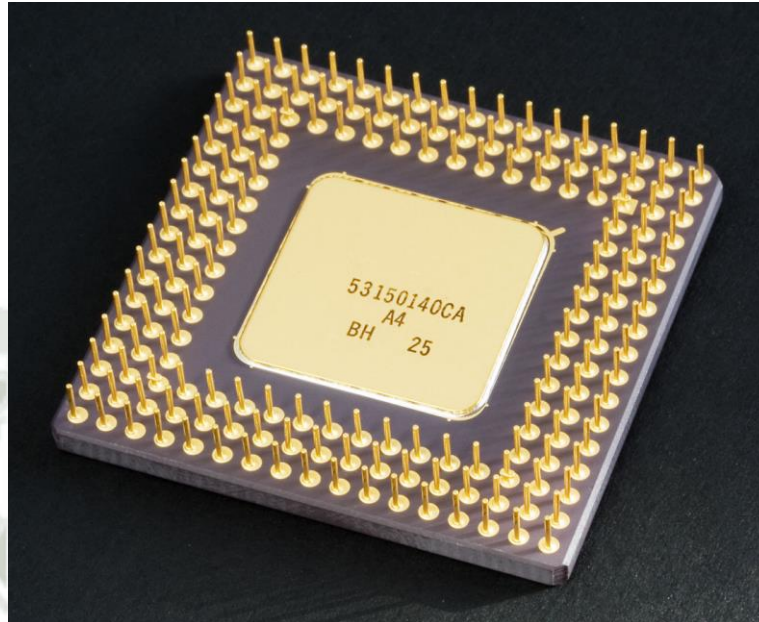
**Imagen 35.** Partes de un Microcontrolador.  
*Fuente: wikiversity (agosto 2015).*

### 2.2.6.2. Microprocesadores

Los microprocesadores son circuitos integrados de gran integración (VLSI – Very Large Scale Integration / Integración a Escala muy Grande). Contienen internamente un gran número de circuitos digitales que realizan funciones de diversas índoles (Iborra, 2012):

- Aritméticas.
- Lógicas.

- Comunicación.
- Control.



**Imagen 36.** Microprocesador  
*Fuente: Iborra (2012).*

Al momento de ser integrado para su uso, debe de contener otros componentes como osciladores, puertos de entrada y salida digitales, latches (circuitos biestables asíncronos usados para el almacenaje de información en sistemas lógicos digitales), memorias, etc. por lo que el resultado es un microcomputador; en cambio si el circuito integrado ya cuenta con estos componentes se le considera un microcontrolador (Iborra, 2012).

Estos componentes están diseñados para la manipulación de información, que puede realizarse a través de 3 tipos de buses:

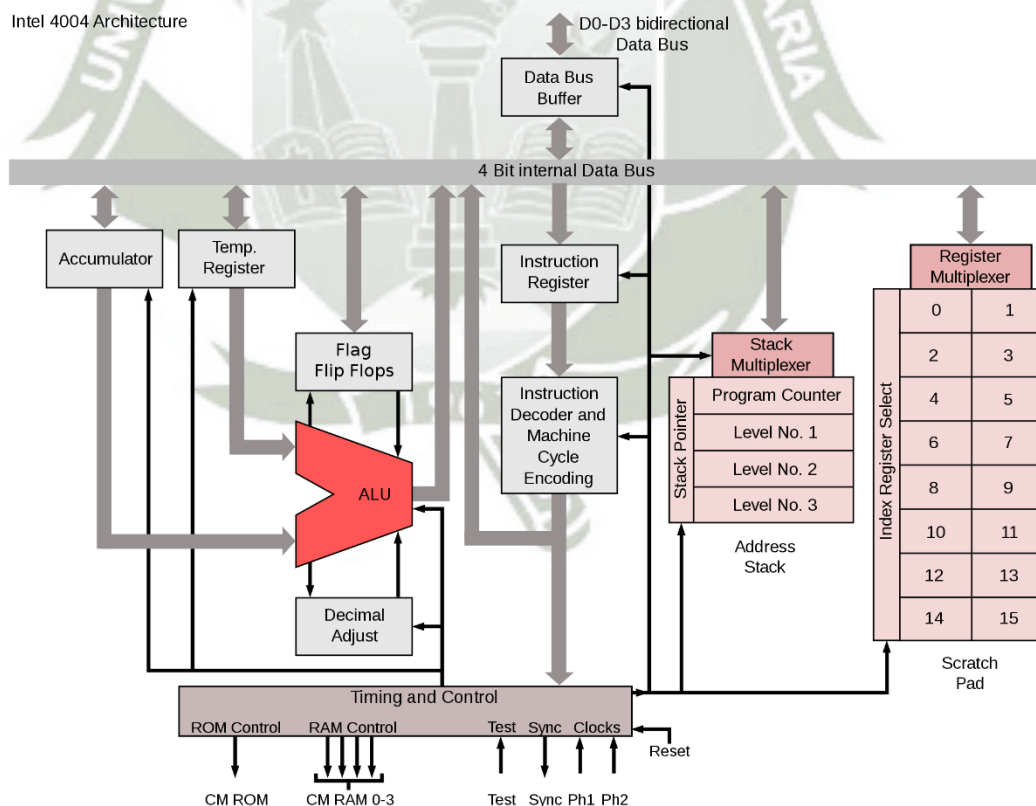
- Datos.
- Direcciones.

- Control.

Existen también dos tipos de clasificaciones para los microprocesadores, estas se basan la arquitectura hardware:

- Von Neuman.
- Harvard.

La gran diferencia está en el almacenamiento de los datos y de las instrucciones, donde la arquitectura Von Neuman utiliza el mismo dispositivo de almacenamiento para las instrucciones y para los datos, mientras que en la arquitectura Harvard ambos dispositivos están separados, lo que permite leer las instrucciones a mayor velocidad (Iborra, 2012).



**Imagen 37.** Arquitectura de un Microprocesador Intel 4004.  
Fuente: Wikipedia (29 dic 2016).

También se pueden basar en las características de las instrucciones:

- CISC (Complex Instruction Set Computer / Computador con Conjunto de Instrucciones Complejas). (Iborra, 2012)
- RISC (Reduced Instruction Set Computer / Computador con Conjunto de Instrucciones Reducidas). (Iborra, 2012)

### 2.2.6.3. Arduino

Arduino es una plataforma de computación física open – source creada para el desarrollo de prototipos electrónicos, basada en hardware y software libre y de fácil uso. Su arquitectura está basada en microcontroladores de la familia Atmel, lo que le permite conectar sensores y actuadores mediante sus entradas y salidas analógicas y digitales (Universidad de Cádiz, 2011).

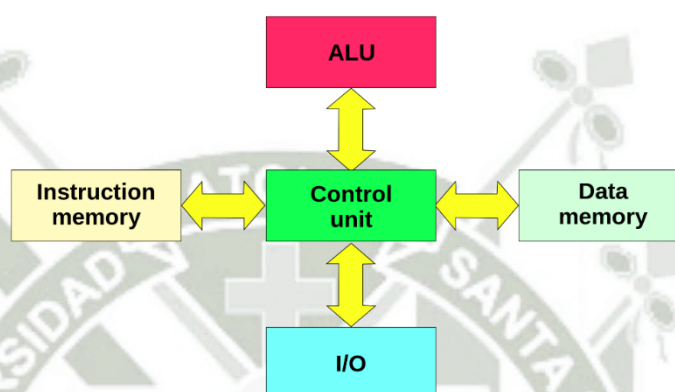


*Imagen 38.* Símbolo de Arduino.  
*Fuente: Arduino (2016).*

El microcontrolador se programa utilizando un lenguaje propio de Arduino (basado en Wiring) y un entorno de desarrollo integrado (IDE) propio (basado en Processing) (Universidad de Cádiz, 2011).

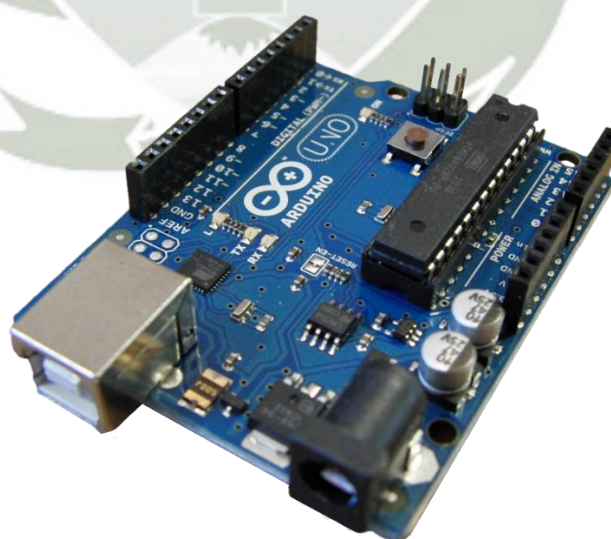


**Imagen 39.** Símbolo de ATMEL  
*Fuente: iotbusinessnews (2014).*



**Imagen 40.** Arquitectura Básica de Microcontroladores ATMEL  
*Fuente: Wikipedia (octubre 2016).*

#### 2.2.6.4. Arduino UNO



**Imagen 41.** Arduino Uno  
*Fuente: Hidalgo (2015).*

Arduino Uno es una placa de Arduino basada en un microcontrolador Low Power Atmel ATMEGA 328P, el cual es de alto rendimiento, perteneciente a la familia de microcontroladores de 8 bits con CPU AVR de arquitectura RISC. Las características de dicho microcontrolador se muestran a continuación (Hidalgo, 2015):

<b>Voltaje de Operación</b>	5 V.
<b>Voltaje de Entrada (Recomendado)</b>	7 – 12 V.
<b>Voltaje de Entrada (Límite)</b>	6 – 20 V.
<b>Pines I/O digitales</b>	14 (6 de tipo PWM).
<b>Pines de Entradas Analógicas</b>	6 (sirven como digital).
<b>Pines de Salidas Analógicas</b>	0.
<b>Corriente Continua por Pin I/O</b>	40 mA.
<b>Corriente en Pin 3.3 V</b>	50mA.
<b>Memoria Flash</b>	32 KB.
<b>SRAM</b>	2 KB.
<b>EEPROM</b>	1 KB.
<b>Frecuencia de Reloj</b>	16 MHz.

**Tabla 3.** Características de Arduino Uno  
*Fuente: Hidalgo (2015).*

### 2.2.6.5. Arduino Mega



**Imagen 42.** Arduino Mega.

*Fuente: Elaborado por los Autores.*

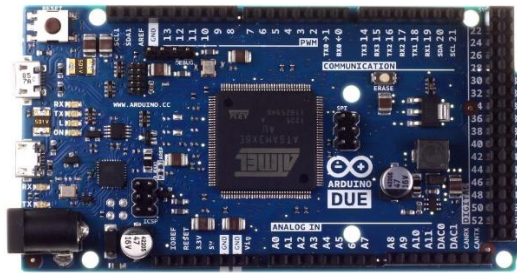
Arduino Mega 2560 es una placa de Arduino basada en un microcontrolador Low Power Atmel ATMEGA 2560, el cual es de alto rendimiento, perteneciente a la familia de microcontroladores de 8 bits con CPU AVR de arquitectura RISC. Las características de dicho microcontrolador se muestran a continuación (Torrente, 2013):

<b>Voltaje de Operación</b>	5 V.
<b>Voltaje de Entrada (Recomendado)</b>	7 – 12 V.
<b>Voltaje de Entrada (Límite)</b>	6 – 20 V.
<b>Pines I/O digitales</b>	54 (14 de tipo PWM).
<b>Pines de Entradas Analógicas</b>	16 (sirven como digital).
<b>Pines de Salidas Analógicas</b>	0.
<b>Corriente Continua por Pin I/O</b>	40 mA.
<b>Corriente en Pin 3.3 V</b>	50mA.
<b>Memoria Flash</b>	256 KB.
<b>SRAM</b>	8 KB.
<b>EEPROM</b>	4 KB.
<b>Frecuencia de Reloj</b>	16 MHz.

**Tabla 4.** Características de Arduino Mega.

*Fuente: Robotshop (tutorial de internet)*

### 2.2.6.6. Arduino Due



*Imagen 43.* Arduino Due  
*Fuente:* Atmel (2014).

Arduino DUE es una placa de Arduino basada en un microcontrolador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 MCU, el cual es de alto rendimiento, perteneciente a la familia de microcontroladores de 32 bits con CPU AVR de arquitectura RISC. Las características de dicho microcontrolador se muestran a continuación (Torrente, 2013):

<b>Voltaje de Operación</b>	3.3 V.
<b>Voltaje de Entrada (Recomendado)</b>	7 – 12 V.
<b>Voltaje de Entrada (Límite)</b>	6 – 20 V.
<b>Pines I/O digitales</b>	54 (16 de tipo PWM).
<b>Pines de Entradas Analógicas</b>	16 (sirven como digital).
<b>Pines de Salidas Analógicas</b>	2.
<b>Corriente Continua por Pin I/O</b>	130 mA.
<b>Corriente en Pin 3.3 V</b>	800 mA.
<b>Memoria Flash</b>	512 KB.
<b>SRAM</b>	96 KB.
<b>DataFlash</b>	250 KB.
<b>Frecuencia de Reloj</b>	84 MHz.

*Tabla 5.* Características de Arduino Due  
*Fuente:* Wikipedia (abril 2016).

La tabla comparativa entre los 3 Arduinos utilizados se presenta a continuación:

ARDUINO	UNO	MEGA	DUE
Voltaje de Operación	5 V.	5 V.	3.3 V.
Voltaje de Entrada (Recomendado)	7 – 12 V.	7 – 12 V.	7 – 12 V.
Voltaje de Entrada (Límite)	6 – 20 V.	6 – 20 V.	6 – 20 V.
Pines I/O digitales	14 (6 de tipo PWM).	54 (14 de tipo PWM).	54 (16 de tipo PWM).
Pines de Entradas Analógicas	6 (sirven como digital).	16 (sirven como digital).	16 (sirven como digital).
Pines de Salidas Analógicas	0.	0.	2.
Corriente Continua por Pin I/O	40 mA.	40 mA.	130 mA.
Corriente en Pin 3.3 V	50mA.	50mA.	800 mA.
Memoria Flash	32 KB.	256 KB.	512 KB.
SRAM	2 KB.	8 KB.	96 KB.
EEPROM	1 KB.	4 KB.	250 KB.
Frecuencia de Reloj	16 MHz.	16 MHz.	84 MHz.

**Tabla 6.** Tabla Comparativa  
Fuente: Wikipedia (abril 2016).

### 2.2.7. Sistemas

Existe una definición clásica que cumple las características de nuestro proyecto: “un sistema se compone de elementos en estado de interacción”. Así podemos pensar en un sistema, no como un único todo, sino como un compuesto de diversas partes, que interactúan entre sí, donde dicha interacción depende del estado y los posibles cambios de estado entre ellos, para desempeñar una función y otorgar una solución a un problema (Cibanal, 2001).

Existen dos tipos de sistemas:

- Sistemas Cerrados: no tienen una acción interdependiente con el ambiente. (Cibanal, 2001)
- Sistemas Abiertos: tienen una acción interdependiente con el ambiente. (Cibanal, 2001)

### 2.2.7.1. Sistemas Inteligentes

Los sistemas inteligentes buscan obtener, simular o emular facultades mentales y comportamientos inteligentes a través del uso de modelos o procesos computacionales que permitan percibir el ambiente y los cambios en este, razonar sobre dichos cambios y actuar sobre el ambiente, aprendiendo al mismo tiempo, sobre el proceso que realiza, los posibles errores que surjan y buscando una solución a estos (Salgueiro, 2005).

La idea de obtener un sistema inteligente es que podamos confiar en este tanto, o inclusive más, como si lo realizara un humano (Salgueiro, 2005).

Hoy en día a los sistemas inteligentes (SS.II.) se les engloba dentro de la inteligencia artificial (I.A.), de ahí que se le conoce también como sistemas inteligentes artificiales (SS.II.AA.) (Salgueiro, 2005).



**Imagen 44.** Sistemas Inteligentes.

Fuente: Empresa TYSSA (Extraído de: [http://www.tyssatransito.com/pag\\_424.htm](http://www.tyssatransito.com/pag_424.htm)).

#### **2.2.7.2. Sistemas Electrónicos**

Un sistema electrónico es un conjunto de componentes distribuidos de tal forma que pueden interactuar con el mundo físico. Cualquier sistema electrónico se divide en tres secciones fundamentales bien diferenciadas (I.E.S. Las Sabinas, 2011):

- Dispositivos de entrada: son dispositivos o elementos que introducen una señal eléctrica al sistema. Estas señales pueden proceder desde elementos accionadores, transductores o sensores como los siguientes:
  - a. Interruptores.
  - b. Pulsadores.
  - c. Pedales.
  - d. Potenciómetros.
  - e. Finales de carrera.

- f. Fotorresistencias.
- g. Fototransistores.
- h. Termistores.
- i. Optoacopladores.
- j. Etc.

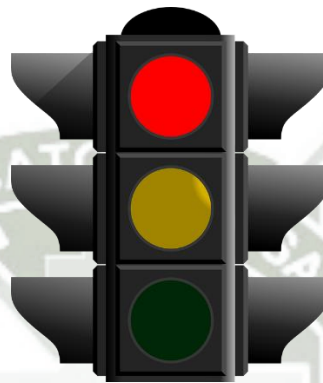
- Procesamiento de datos: es la sección encargada de transformar los datos de los dispositivos de entrada en otro tipo de dato. En esta sección normalmente se utilizan microprocesadores o microcontroladores, aunque también se pueden utilizar componentes de electrónica pasiva y electrónica básica (I.E.S. Las Sabinas, 2011):.
- Dispositivos de salida: estos dispositivos son los encargados de realizar la acción correspondiente al diseño del sistema, así transforman una señal eléctrica enviada por la sección de procesamiento de datos y actúa sobre el mundo físico realizando un cambio sobre este. Estos dispositivos pueden ser actuadores y transductores (I.E.S. Las Sabinas, 2011)



*Imagen 45.* Sistemas Electrónicos  
*Fuente:* Tecnosefarad (2014).

### 2.2.8 Semáforos

Los semáforos son dispositivos o aparatos de señalización, los cuales regulan el tránsito, es decir, la circulación de vehículos, bicicletas y viandantes en las calles y vías, asignando el derecho de paso de vehículos y transeúntes de manera alternada, procurando así que estos tengan el mínimo riesgo y demora al cruzar por las intersecciones (MTC, 2000).



**Imagen 46.** Semáforo.

*Fuente:* (Extraído de: <http://www.quieninvento.org/quien-invento-el-semaforo/>)

Son accionados por corriente eléctrica y las indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verde se realizan a través de lentes iluminadas, dicha secuencia es establecida por un operador mediante tiempos asignados a un sistema electrónico de control o mediante un sistema inteligente, el cual capta los tiempos más adecuados para la prelación, además se puede complementar estas instrucciones por indicaciones, señales y demarcaciones en las vías o calles (MTC, 2000).

- Usos y aplicaciones de los semáforos:
  - a. Alternan de manera periódica el flujo vehicular y peatonal aumentando la seguridad de tránsito de los peatones al cruzar por las

intersecciones, pero al mismo tiempo aumenta las colisiones de vehículos en la misma dirección.

- b. Regulan la velocidad de los vehículos, manteniendo así una velocidad constante en las intersecciones semaforizadas, disminuyendo así los conflictos entre usuarios de las vías prioritaria y secundaria.
- c. Controlan la circulación por carriles disminuyendo las demoras entre flujos vehiculares pesados, pero en algunas ocasiones incrementa la demora en vías principales independientemente del flujo en vías secundarias.
- d. Eliminan o reducen el número y gravedad de algunos tipos de accidentes entre vehículos, pero aumenta el costo de mantención de la ciudad, ya que existen costos de mantenimiento de los equipos y actualización de programaciones.
- e. Proporcionan un orden y seguridad al tráfico brindando también la posibilidad de coordinar la operación con otros semáforos cercanos, influyendo así en la velocidad y progresión del tráfico vehicular.

### 2.2.8.1. Semáforos Vehiculares



**Imagen 47.** Semáforos Vehiculares.

*Fuente: Empresa mexicana (EYSSA).*

Existen diversos tipos de semáforos vehiculares, a continuación se mencionan los más importantes:

- a. Semáforos sin mecanismo de accionamiento por el tráfico y sin sistema de sincronización para intersecciones.
- b. Semáforos sin mecanismo de accionamiento por el tráfico y con sistema de sincronización para intersecciones.
- c. Semáforos con mecanismo de accionamiento parcial por el tráfico y sin sistema de sincronización para intersecciones.
- d. Semáforos con mecanismo de accionamiento parcial por el tráfico y con sistema de sincronización para intersecciones.
- e. Semáforos con mecanismo de accionamiento total por el tráfico y sin sistema de sincronización para intersecciones.
- f. Semáforos con mecanismo de accionamiento total por el tráfico y con sistema de sincronización para intersecciones.

### 2.2.8.2. Semáforos Peatonales



*Imagen 48.* Semáforo Peatonal.  
*Fuente:* Distribuidora Trayco (S.A.).

### 2.2.8.3. Semáforos Inteligentes

Los semáforos Inteligentes, son dispositivos que permiten en descongestionar los vehículos y peatones, reduciendo el tiempo de espera. En varios países utilizan el semáforo inteligente con patrones fijos, sin importar la hora con mayor fluidez vehicular, provocando un semáforo ineficiente (Martínez, 2016).

Un semáforo Inteligente tiene la capacidad de tomar sus propias decisiones según los datos en tiempo real. Al pasar los años se espera mejorar el semáforo a través de la tecnología (Martínez, 2016).

Los objetivos del semáforo inteligente son (Martínez, 2016):

- Descongestionar la fluidez vehicular.
- Reduce los tiempos excesivos de viaje.
- Esperas innecesarias.
- Disminución de costo en combustible

- Disminución de contaminación en el medio ambiente.

### **2.2.9. Inteligencia Artificial**

Es una rama de la informática donde se trata de interactuar el hardware con el software que permitan conseguir la simulación de la inteligencia artificial. Según Aristóteles fue el primero en definir que la inteligencia artificial “Es un conjunto de reglas que describen una parte del funcionamiento de la mente para obtener conclusiones racionales”. Por otra parte Ctsebjo Alejandria fue el primero en construir una maquina auto controlada que fue un regulador de flujo de agua. Según Jhon McCarthy “La ciencia e ingenio de hacer maquinas inteligentes especial mente para programas de cómputo” (Gutiérrez, 2010).

#### **2.2.9.1. Clasificación de la IA:**

##### **2.2.9.1.1. Sistemas que actúan como humanos:**

El paradigma principal viene a ser el hombre, que construye sistemas que pase por humano. Los sistemas están sujeto a la capacidad y los procesamientos del lenguaje natural en representación del conocimiento a base de razonamiento y aprendizaje. El objetivo principal para que actúen como humanos es la interacción de la programación con la personas. (Villaquiran & Clavijo, 2010).

##### **2.2.9.1.2. Sistemas que piensan como humanos:**

Es el esfuerzo por hacer que las computadoras puedan razonar, transformándolas literalmente en máquinas con mente (Villaquiran & Clavijo, 2010).

### 2.2.9.1.3. Sistemas que actúan racionalmente:

El paradigma de esta etapa es el funcionamiento de la mente humana. En este modelo tratamos la participación la parte psicológica. (Villaquiran & Clavijo, 2010).

IA se dividen en La convencional y la computacional.

- La primera es la convencional: Es el estudio del comportamiento humano.
- La segunda que es la computacional: que consiste en un aprendizaje interactivo.

En la actualidad podemos encontrarnos con numerosos Ejemplos donde existe la inteligencia artificial como por ejemplo los Robots que conocen coches, ordenadores que controlan viajes espaciales. Una de las aplicaciones interesantes es la que se dedica a la Investigación científica con la ayuda de un ordenador o un conjunto de ordenadores, Gracias a ello podemos dar respuestas a todas las preguntas que hoy en día nos hacemos.

La IA tiene como punto de partida que es el motor de interferencias y la base de conocimiento; donde:

- El motor de interferencias podemos decir que son las computadoras que soportan a un software compuesto por varios programas. Está compuesta de reglas posibles para poder satisfacer el problema y tener un control sistemático.

- Base de Conocimientos, es la cantidad de datos donde el software y el hardware interactúan.

### 2.2.9.2. Aplicaciones Inteligencia artificial:

- **Sistemas expertos:**

EL sistema experto son conjuntos de programas a base de conocimientos que nos permite utilizar ciertos conocimientos con la finalidad de poder resolver problema en dicha área. Dentro de los tipos de información tenemos (Villaquiran & Clavijo, 2010):

- Los hechos: datos obtenidos de la realidad.
- Procedimientos: Son las secuencias de eventos
- Reglas heurísticas: Es la parte donde se muestran opiniones donde no exista una regla de procedimiento a seguir.

- **Utilización de lenguaje natural:**

EL lenguaje del ser humano es el lenguaje natural que puede ser el lenguaje hablado o escrito en un determinado idioma. La recepción de datos a través del lenguaje natural produciendo resultados a través del proceso.

- **Reconocimiento de voz:**

Su objetivo es la captura de la voz humana a través de la computadora, y la voz es capturada por un micrófono produciendo una señal analógica.

- **Reconocimiento de formas:**

Se trata de ver las formas a través de una cámara de video donde se asemeja a la visión humana, es producida por la señal analógica que es procesada y comparada con los patrones obtenidos en la base de datos es decir la base del conocimiento de la forma.

- **Robótica:**

En la inteligencia artificial se trata de igualar a un ser humano a travez del ensamblaje con el reconocimiento de formas.



## Capítulo 3: Técnica Propuesta

---

### 3.1 Metodología

#### 3.1.1 Diseño de Investigación

Nos basaremos en la ejecución de experimentos y revisión de posibles escenarios no solo con el desarrollo del semáforo y de la posible cantidad de autos en cada vía sino también de las cantidades de personas que existirán en las esquinas de las intersecciones de las calles, esto para poder determinar los tiempos de cada color de los cuatro semáforos, poniendo a prueba la rapidez y robustez de la parte electrónica y experimentando con variaciones en el código utilizado.

#### 3.1.2 Tipo de Investigación

Este es un proyecto complejo ya que se necesitan conocimientos de diseño y montaje mecánico – electrónico y conocimientos de programación, además de saber trabajar extrapolando los conceptos de las dos ramas entre sí; es experimental ya que el proyecto no sigue como guía ningún otro diseño ni electrónico, ni mecánico, ni microcontrolado; es un proyecto orientado a la solución de problemas de congestión vehicular en la ciudad de Arequipa, aplicable también a cualquier parte del país y del mundo, pues da una solución real, confiable, económica y de fácil diseño y entendimiento para el mejor aprovechamiento de los tiempos destinados al paso de vehículos y de peatones, brinda también un mejor diseño que muchos semáforos inteligentes actuales, la mayoría de los cuales no trabajan ni con sistemas de inteligencia

artificial ni con sistema de detección de cantidad de vehículos; es un proyecto de investigación y producción ya que la totalidad de este se ha basado en experiencias pasadas y actuales, además también en productos comerciales desde los cuales se ha realizado una evaluación para la producción de un sistemas más económico, robusto y de fácil instalación; es un proyecto internacional ya que no existe limite la aplicación de este sistema en ningún lugar del mundo.

### 3.1.3 Materiales

MATERIALES	COSTO UNITARIO S/.	CANTIDAD	INVERSIÓN S/.
Arduino Due	280.00	1	280.00
Arduino Mega	120.00	2	240.00
Pantalla LCD 20x4	55.00	1	55.00
Pantalla LCD 16x2	20.00	6	120.00
Botón de tres golpes	2.00	7	14.00
Led 5mm.	0.10	150	15.00
Resistencia 220 $\Omega$ ¼ W	0.033	50	5.00
Resistencia 10 K $\Omega$ ¼ W	0.033	50	5.00
Resistencia 1 K $\Omega$ ¼ W	0.033	50	5.00
Resistencia 0.1 $\Omega$ ¼ W	0.33	30	10.00
Espadín Macho	0.025	200	5.00
Espadín Hembra	0.025	200	5.00
Bornera de Dos Puntos	0.50	18	9.00
Relé de 5 v. 8 puntos	4.00	30	120.00
Opto acoplador CNY70	1.50	30	45.00
Condensador 100 uF 16 v.	0.20	40	8.00
Condensador 2200 uF 50 v.	4.00	4	16.00
Diodo 1N4148	0.10	40	4.00
Transistor 2N2222a	0.30	30	9.00
Regulador 7808	3.00	1	3.00
Regulador 7805	3.00	1	3.00
Disipador de Calor	1.50	1	1.50
Cable Color Negro	0.30 x metro	70 metros	21.00
Cable Color Azul	0.30 x metro	70 metros	21.00
Cable Color Verde	0.30 x metro	70 metros	21.00
Cable Color Rojo	0.30 x metro	70 metros	21.00
Cable Color Blanco	0.30 x metro	70 metros	21.00
Acido Férrico	12.00 x litro	1 litro	12.00
Papel Couche	0.80	5	4.00
Placa de PCB	-----	-----	50.00
Estaño	15.00 x rollo	2 rollos	30.00

Plástico Termo contraíble	1.00 x metro	5 metros	5.00
Triplay	-----	-----	80.00
Madera	-----	-----	20.00
Clavos de madera	-----	-----	5.00
<b>TOTAL</b>	-----	-----	<b>1288.50</b>

*Tabla 7:* Tabla de Materiales  
*Fuente:* Elaborado por los Autores.

### 3.2 Procedimiento y Montaje de Circuitos

Tal como se indica y explica anteriormente, son múltiples los sistemas de relacionados a semáforos inteligentes que se pueden encontrar en el mercado, muchos de ellos, como también ya se explicó no pueden ingresar dentro de esta categoría aunque en su nombre se mencione la palabra inteligente. Sin embargo, existen aspectos de diseño que son claramente mejorables mediante un estudio exhaustivo y detallado del comportamiento y la programación del semáforo, así como de los componentes críticos del mismo, tales como los sistemas de accionamiento, los sistemas de tomas de datos, los sistemas de comunicaciones y los sistemas de control. De esta manera, surge la idea de desarrollar un prototipo de semáforo inteligente basado en detección de autos por sensores de inducción y en detección de personas por promedio de pesos, optimizando el código y la parte electrónica respecto a sistemas de semáforo inteligentes comerciales, utilizando un sistema electrónico de control para el seguimiento del buen funcionamiento del semáforo inteligente y que incorpore parte de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo por diferentes universidades, instituciones y empresas relacionadas al sistema de monitoreo y control de congestiones vehiculares.

De esta manera el grupo se comprometió a diseñar y gestionar la fabricación, montaje

y puesta a punto del prototipo atendiendo a las siguientes premisas de diseño:

- Simplicidad mecánica y electrónica.
- Robustez mecánica, electrónica y fiabilidad de funcionamiento.
- Electrónica de control simple y fiable.
- Sistema de visualización de datos sencillo y portable.
- Código de programación claro y legible.
- Mantenimiento bajo (operaciones rutinarias con tiempos mínimos de operación).

El sistema desarrollado bajo las premisas anteriores, consiste en un dispositivo para el control del tráfico vehicular (aplicable a cualquier tipo de vía), con accionamiento electrónico, y control electromecánico, que permite el conteo de automóviles y peatones en cualquier punto de las vías y las esquinas. El conjunto se compone de los siguientes apartados fundamentales: la fuente de alimentación, la parte microprocesada, la parte microcontrolada, sistema electrónico de toma de datos, sistema electrónico de actuación, sistema electrónico de información, y sistema electromecánico de control.

Todo el diseño de las placas electrónicas del proyecto se han desarrollado bajo el concepto de módulos, así cada módulo es independiente por sí mismo y cumple una función específica, pero al mismo tiempo envía o recibe información importante desde los demás módulos, por lo que en conjunto realizan el trabajo específico de determinación de tiempos de encendido de los diferentes colores y flechas de los semáforos, esta idea fue desarrollada por el simple hecho de facilitar la comprensión del diagrama electrónico y el conexionado de todos los componentes

externos, de la misma forma se ha tenido en cuenta la simplificación de las labores de mantenimiento o reparación.

El diseño electrónico del semáforo inteligente se desarrolló considerando las condiciones del lugar de emplazamiento y con componentes que se pudieran adquirir fácilmente, se evitó también incluir componentes electrónicos de difícil obtención por el aumento del costo que esto significaría para su desarrollo. De esta manera llegamos a una alternativa bastante conveniente, la cual es utilizar sensores de inducción para el conteo de los vehículos en cada una de las vías y sensores de presión para determinar la cantidad de personas en cada una de las esquinas.

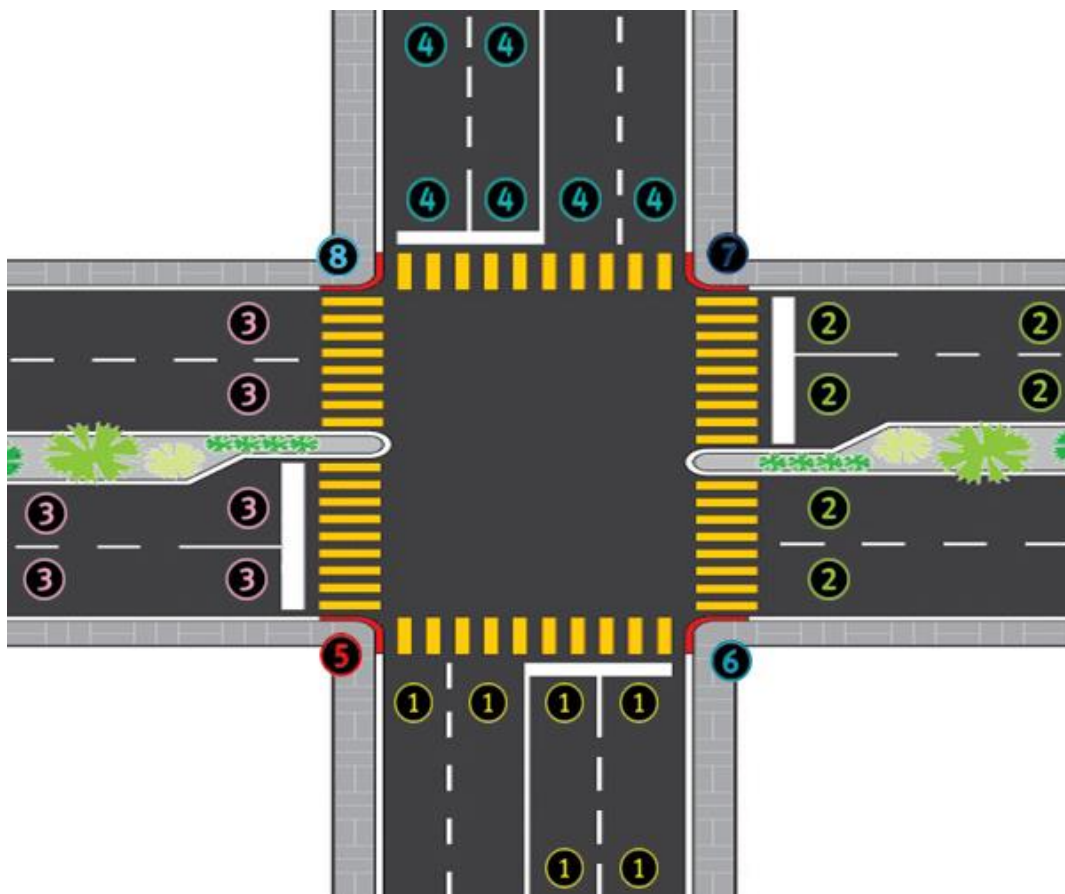
Cabe especificar también que para el correcto diseño de la maqueta, y por los tamaños necesarios para el buen funcionamiento de los sensores inductivos, es que estos han sido reemplazados por sensores CNY70, los cuales solo serán utilizados en la maqueta, para un montaje real se deberán utilizar los sensores inductivos.

Al no contar con especificaciones ni literatura específica para el diseño de semáforos inteligentes, los requerimientos técnicos fueron obtenidos del funcionamiento de otros semáforos inteligentes y por la comparación de semáforos comerciales, orientándonos siempre en buscar la mejora del prototipo y la reducción de costos de materiales tomando en cuenta también los factores de seguridad.

Por todo lo descrito con anterioridad es que se escogió la realización de un semáforo inteligente con retroalimentación, brindada por los sensores de inducción (opto acopladores en caso de la maqueta) y los sensores de presión (LCD en caso de la maqueta), con lo cual se evitan cálculos tediosos y extensas evaluaciones para

determinar los tiempos de encendido manual.

Para el correcto funcionamiento y toma de decisiones, se colocan 6 sensores por cada cuadra, de los cuales se distribuyen de manera que sean colocados 4 en la vía de ingreso y 2 en la vía de salida, de la misma manera se colocan 4 sensores para los peatones en cada esquina como se describe a continuación:



**Imagen 49.** Distribución de Sensores  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

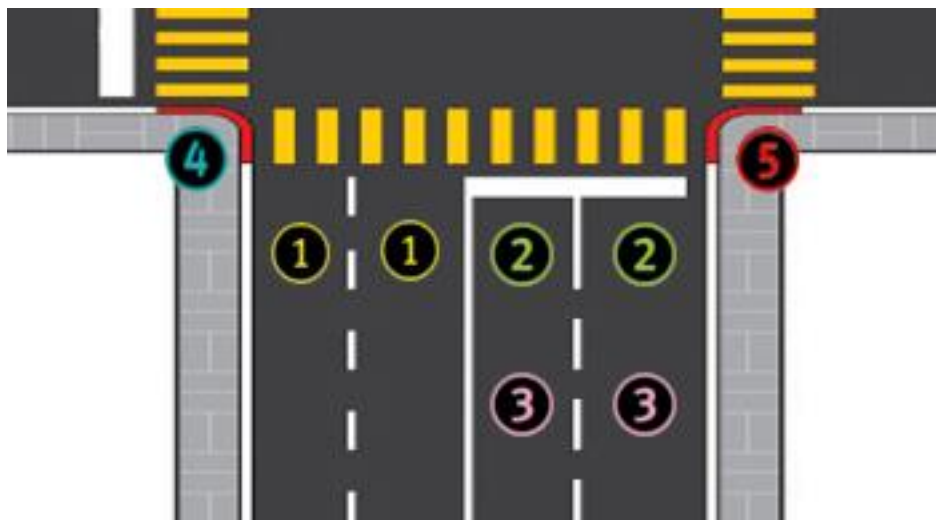
- |                                   |                             |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| <b>1</b> Sensores Vehículos Sur   | <b>5</b> Sensor Peatones 01 |
| <b>2</b> Sensores Vehículos Este  | <b>6</b> Sensor Peatones 02 |
| <b>3</b> Sensores Vehículos Oeste | <b>7</b> Sensor Peatones 03 |
| <b>4</b> Sensores Vehículos Norte | <b>8</b> Sensor Peatones 04 |

Los sensores para vehículos están divididos en 3 grupos diferentes de 2 sensores cada uno, los primeros se encargan de restar vehículos de la variable Central (Para determinar si hay o no vehículos en el cruce de las vías en caso de accidentes o averías).

El segundo grupo de sensores se encarga de restar vehículos en cada vía (Para determinar cuántos están saliendo de ella) o determinar si algún vehículo se detuvo en medio de la vía para cambiar de dirección o por avería.

El tercer grupo de sensores se encarga de sumar vehículos en cada vía (Para realizar la comparación y toma de decisiones).

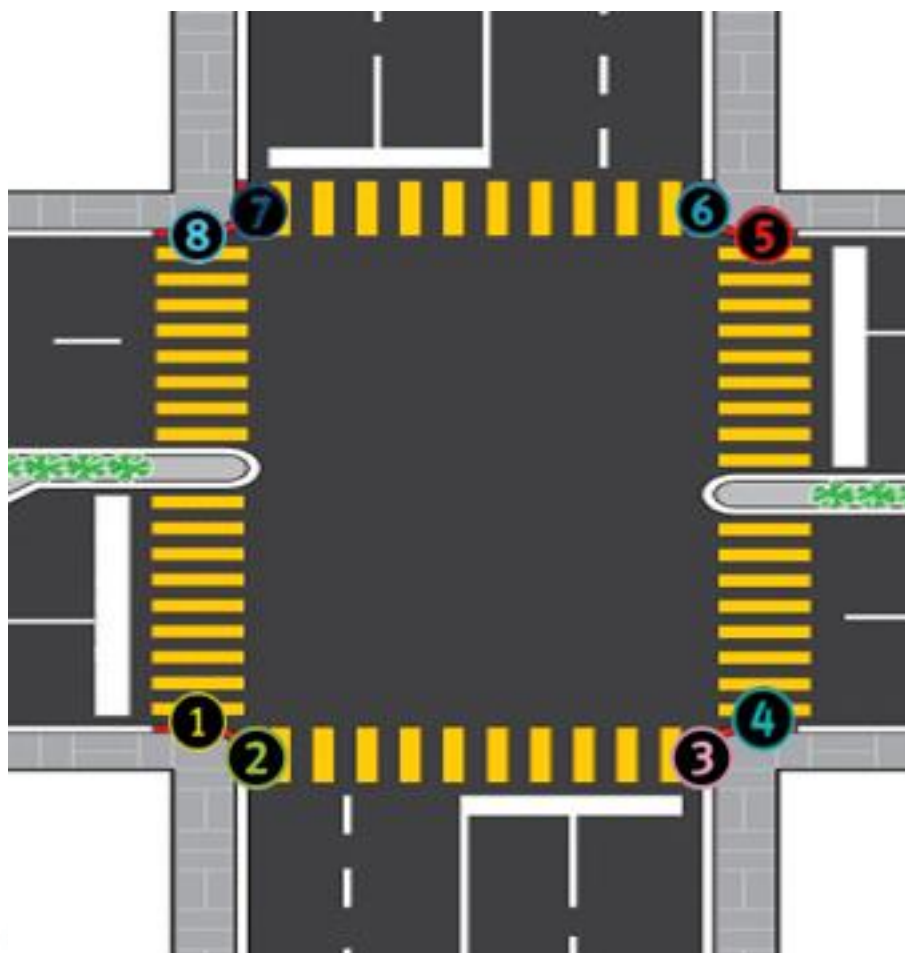
Los sensores 4 y 5 respectivamente se encargan de promediar la cantidad de peatones para cada esquina.



**Imagen 50.** Distribución de Sensores por vía  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

- |          |                      |          |                    |
|----------|----------------------|----------|--------------------|
| <b>1</b> | Sensor Central Resta | <b>4</b> | Sensor Peatones 01 |
| <b>2</b> | Sensor Resta         | <b>5</b> | Sensor Peatones 02 |
| <b>3</b> | Sensor Suma          |          |                    |

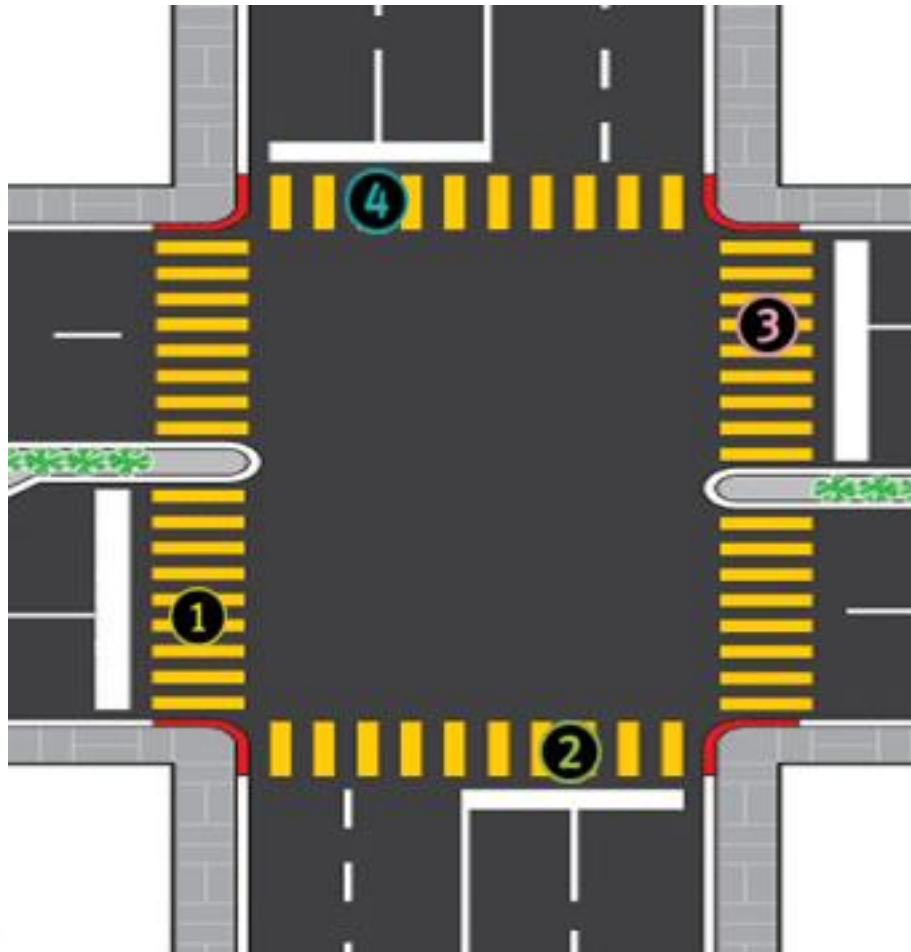
Los Semáforos Peatonales están distribuidos de la siguiente manera:







*Imagen 51. Distribución de Semáforos Peatonales  
Fuente: Elaborado por los Autores.*

- |  |  |
|--|--|
|  Semáforo Peatonales 01 |  Semáforo Peatonales 05 |
|  Semáforo Peatonales 02 |  Semáforo Peatonales 06 |
|  Semáforo Peatonales 03 |  Semáforo Peatonales 07 |
|  Semáforo Peatonales 04 |  Semáforo Peatonales 08 |

Los Semáforos Vehiculares están distribuidos de la siguiente manera:



*Imagen 52. Distribución de Semáforos Vehiculares  
Fuente: Elaborado por los Autores.*

- |   |   |
|---|---|
|  Semáforo Vehicular 01 |  Semáforo Vehicular 03 |
|  Semáforo Vehicular 02 |  Semáforo Vehicular 04 |

A continuación se describirán cada uno de los módulos electrónicos que se han diseñado para el correcto funcionamiento del proyecto:

### 3.2.1 Placa de Alimentación

La placa que hemos llamado de alimentación está dividida en dos zonas bien diferenciadas, la primera se encarga de la recepción de la energía de un transformador o adaptador inteligente, que es luego filtrada y regulada hasta los 8 voltios, el regulador debe estar acompañado de un disipador de calor, dicha salida de voltaje se regula a 8 voltios para que al momento que ingrese a las placas de Arduino el regulador de voltaje incluido en estos no se sobrecaliente y el tiempo de vida de la placa y de los microcontroladores y del microprocesador se extienda.

La segunda zona es la encargada de la recepción de la energía desde un segundo transformador o adaptador inteligente, se ha colocado esta sección en caso se necesite una nueva fuente para la alimentación del sistema de control.

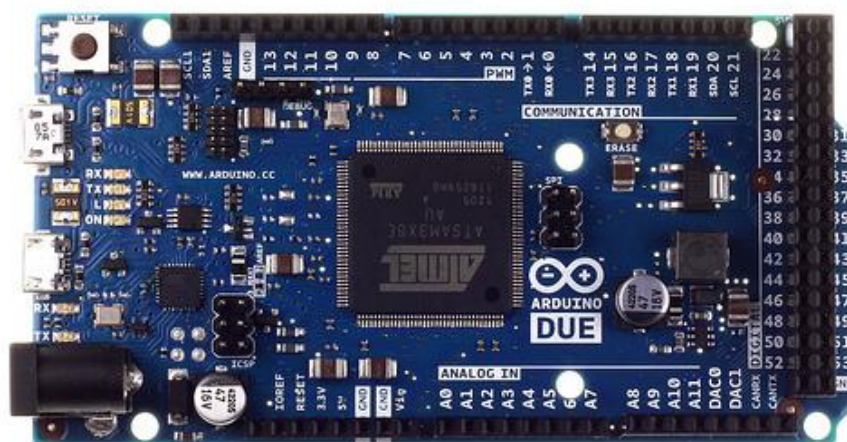


**Imagen 53.** Regulación de Voltaje  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

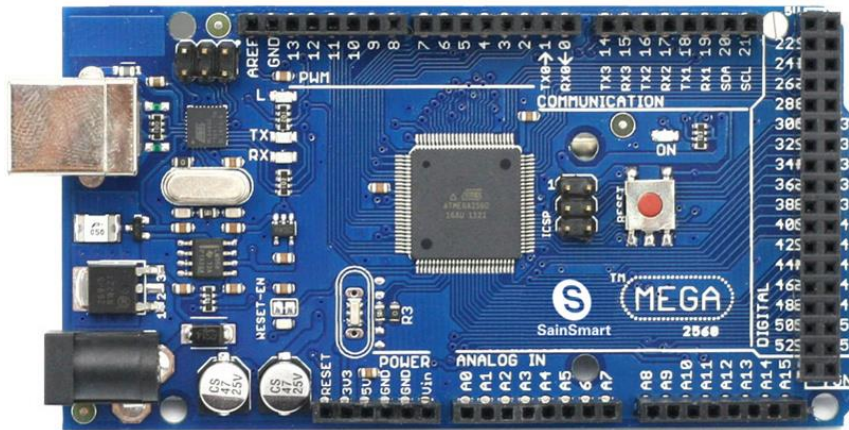
### 3.2.2 Parte Microcontrolada

Ya que el diseño se basó en el requerimiento de controlar el funcionamiento del semáforo inteligente con el uso de sensores externos, hemos determinado como el software y hardware más adecuados para esta clase de proyecto al “Arduino”, cuya tecnología en ambos aspectos es libre.

Tal como se menciona con anterioridad la parte microcontrolada se ha desarrollado sobre la placa de diseño de prototipos conocida como Arduino, se utiliza la versión Due con el microcontrolador ATMEL SAM3X8E ARM Cortex-M3 CPU y la versión Mega con el microcontrolador ATMEL ATMEGA 2560, se utilizan estas placas debido a la cantidad pines digitales de entrada y salida que posee y las interrupciones necesarias para el conteo de los vehículos y los peatones, ya que debido a la magnitud del proyecto la cantidad de actuadores y de sensores así lo demanda. Esta plataforma en facilita en gran medida el trabajo, debido a su capacidad de ejecutar todas las funciones necesarias, además de entregarnos datos precisos y necesarios en cuanto son solicitados.



*Imagen 54.* Arduino Due.  
*Fuente:* Atmel Corporation.



**Imagen 55.** Arduino Mega 2560.  
*Fuente: Atmel Corporation.*

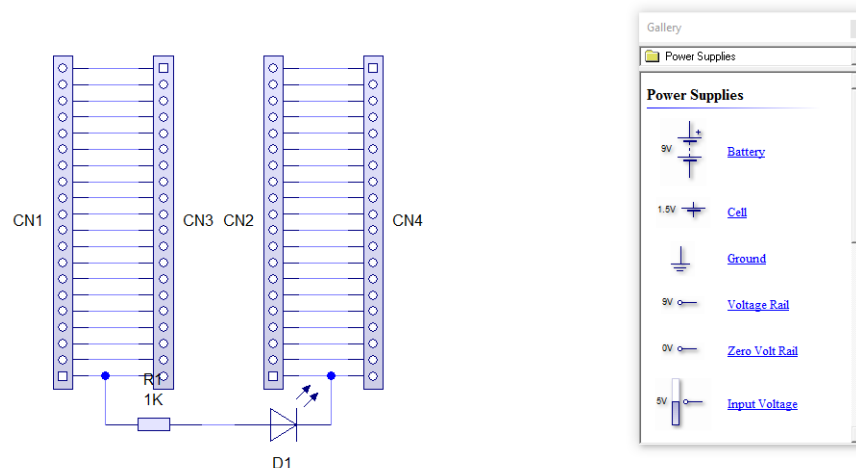
La programación de los Arduino Due y Arduino Mega se ha realizado sobre el software gratuito distribuido por la misma corporación de Arduino (versión Arduino 1.6.9) que se desarrolla en una variación de los lenguajes de programación C, C++ y C #.

Estos dispositivos necesitan guardar información acerca de la cantidad de automóviles y la cantidad de peatones, para ello hemos utilizado las interrupciones proporcionadas por el microcontrolador de la tarjeta Arduino Due, cada una de estas interrupciones corresponderá a un sensor en específico para determinar así la cantidad exacta de automóviles y peatones y con esos datos consignar el tiempo de encendido de los semáforos en cada una de las vías de la intersección.

Se utilizará además los pines de comunicaciones de todas las tarjetas de Arduino del proyecto para que estas estén en continua comunicación intercambiando datos para el correcto funcionamiento del prototipo.

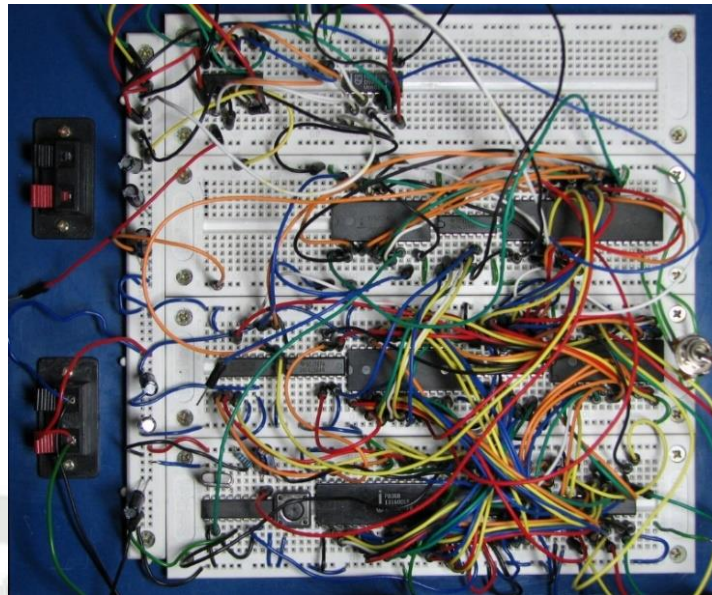
Para este proyecto hemos escogido el montaje de circuitos convencional sobre placas de PCB, donde la placa aislante está compuesta de un material llamado baquelita (sustancia plástica sintética) y la placa conductora es una lámina de cobre. Para el desarrollo de nuestros circuitos hemos dividido el trabajo en tres etapas: diseño, prueba y montaje.

En el diseño hemos definidos las conexiones que deben existir entre los componentes para que tuvieran el comportamiento que deseábamos. Para ello hemos utilizado el programa LiveWire Professional Edition 1.11.



**Imagen 56.** LiveWire Professional Edition 1.11.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

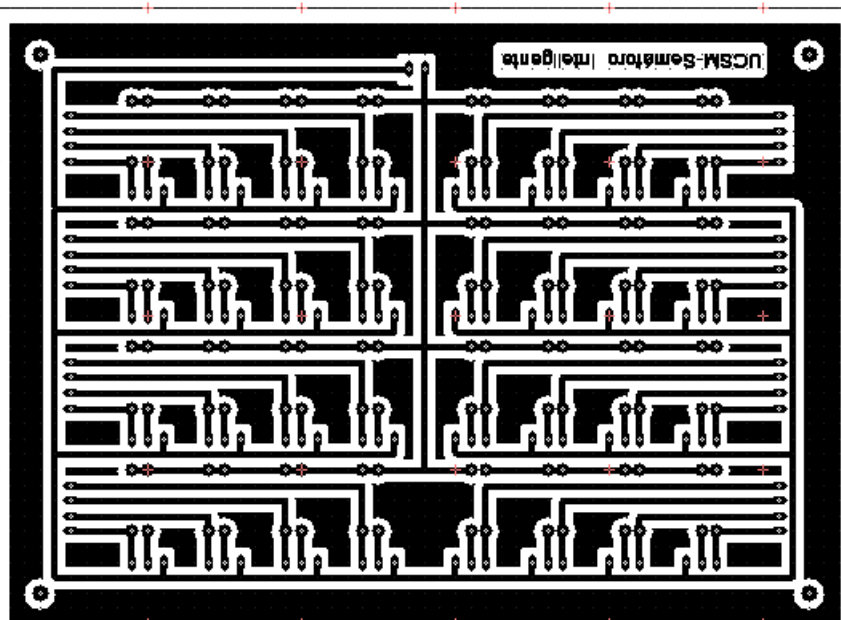
En la etapa de prueba hemos realizado el montaje del diseño sobre un protoboard para verificar que el diseño realizado en LiveWire responda de manera correcta y podamos encontrar si existe algún error.



*Imagen 57.* Montaje sobre ProtoBoard.

*Fuente:* Elaborado por los Autores.

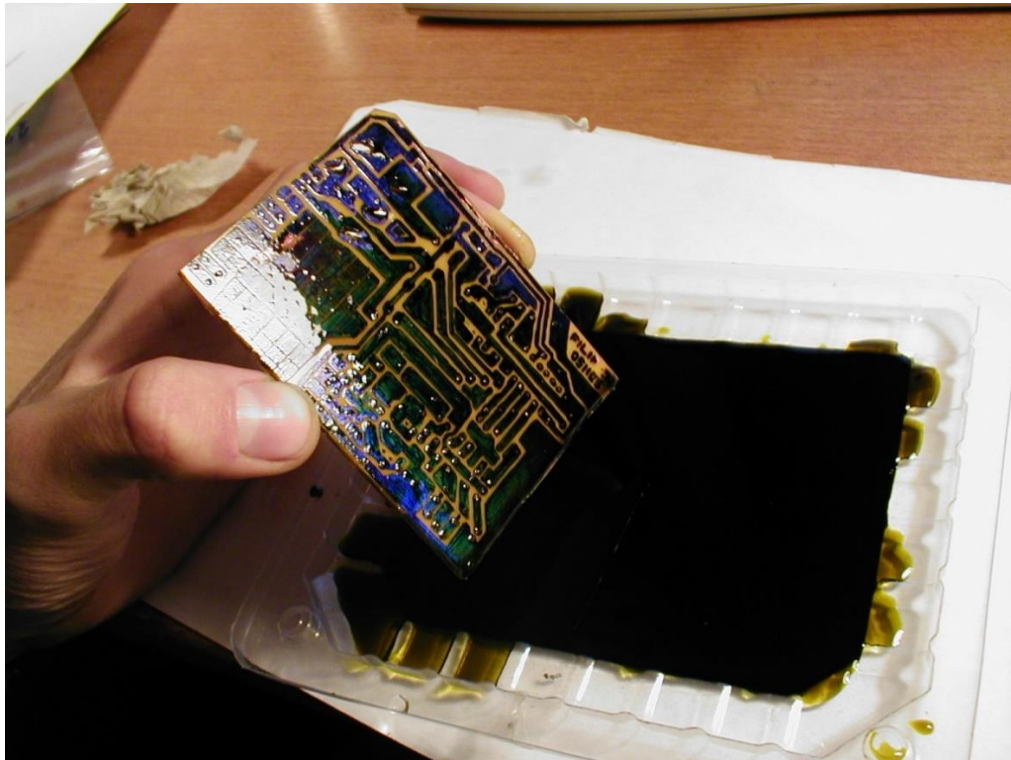
Para el montaje final hemos utilizado el programa PCBWizard Professional Edition 3.50. Programa sobre el cual nos hemos ayudado para conseguir las pistas necesarias para el quemado de la placa de baquelita.



*Imagen 58.* PCBWizard Professional Edition 3.50

*Fuente:* Elaborado por los Autores.

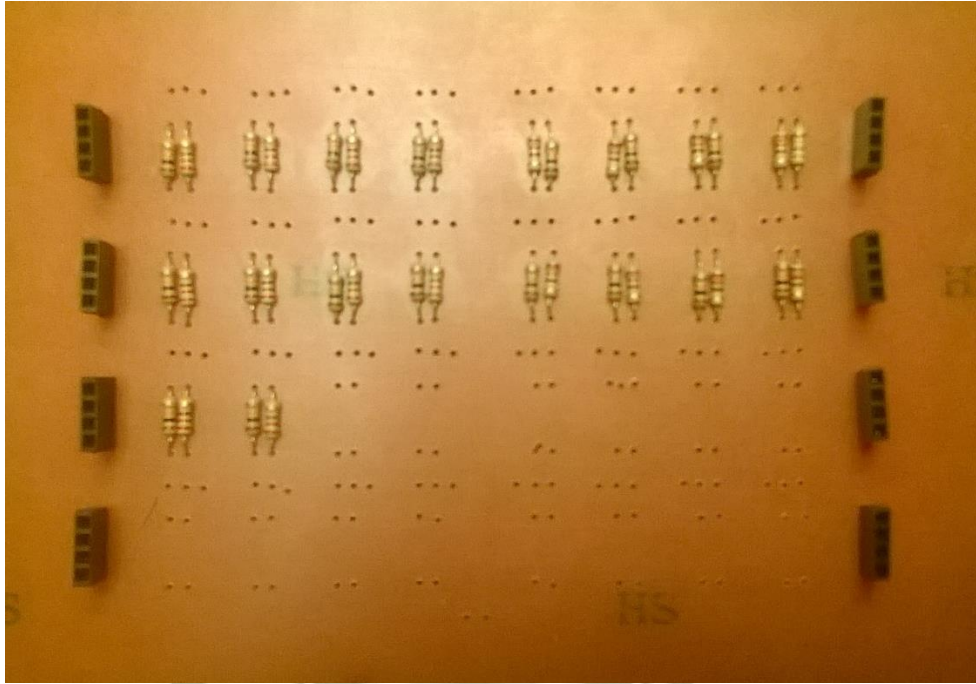
Una vez se imprime el ArtWork en impresora de laser (tónér), se hace la transferencia de calor a través de una plancha. Luego se sumerge en ácido férrico para que se consuma el cobre que no está cubierto con el tónér. Luego de unos minutos se retira la placa de baquelita para ser limpiada con tiner.



*Imagen 59. Quemado de Placas PCB  
Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.2.3. Sistema Electrónico de Toma de Datos

A las placas electrónicas desarrolladas en esta sección también las llamaremos con el nombre de placas de sensores, y la denominación se obtiene ya que en estas se conectan todos los sensores CNY70 y los sensores de presión. Estas placas y cada uno de sus elementos están conectados a los Arduinos Due y Mega, entregándonos así las señales necesarias para las diferentes tareas.



**Imagen 60.** Placa de Conexionado de Sensores.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

#### 3.2.4. Sistema Electrónico de Actuación

Las placas diseñadas para esta sección son básicamente las encargadas de mostrar la información del funcionamiento en sí de los semáforos para la interpretación de los conductores de los vehículos y de los transeúntes. Se mostrará información del color rojo, amarillo, verde hacia delante, verde hacia la derecha, verde hacia la izquierda y el tiempo de encendido a través de dos display de 7 segmentos, los cuales se encontraran multiplexados para el ahorro de pines en nuestros Arduinos, dicho multiplexado se realizará a través de transistores tipo NPN. Nos daremos cuenta que en algún punto el semáforo inteligente determinará un tiempo total “x” que será dividido para cada uno de los colores verde, en dicho caso ya que no todos estarán encendidos al mismo tiempo y que además se les otorgará tiempos diferentes,

tres segundos antes de realizar la desconexión o apagado de estos, empezaran a parpadear hasta apagarse por completo.



*Imagen 61.* Placa de Semáforos y Displays.  
*Fuente:* Elaborado por los Autores.

### 3.2.5. Sistema Electrónico de Información

En esta sección se han diseñado dos diferentes maneras de mostrar la información. La primera a través de una LCD, en cual podremos visualizar los datos tomados por los sensores y la actuación de la programación sobre los tiempos de encendido de los semáforos. La segunda a través de una placa a la que hemos llamado panel indicador, la cual está conectada al sistema electromecánico de control, a través de este panel podremos verificar el correcto funcionamiento de cada una de las posiciones monitoreadas por el sistema de control y poder hacer un análisis y detección de fallas en corto tiempo (dichas posibles fallas se incluirán más adelante en este documento).

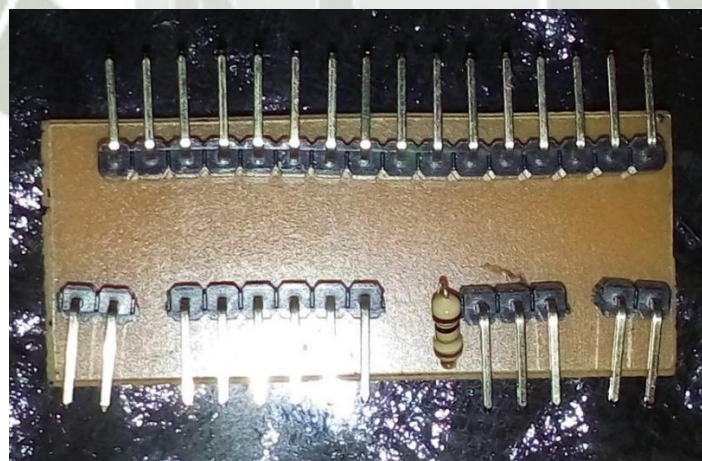
### 3.2.6. Pantalla LCD

La placa diseñada para la pantalla LCD tiene la función de disminuir la cantidad de pines de conexión, además de poder conectar

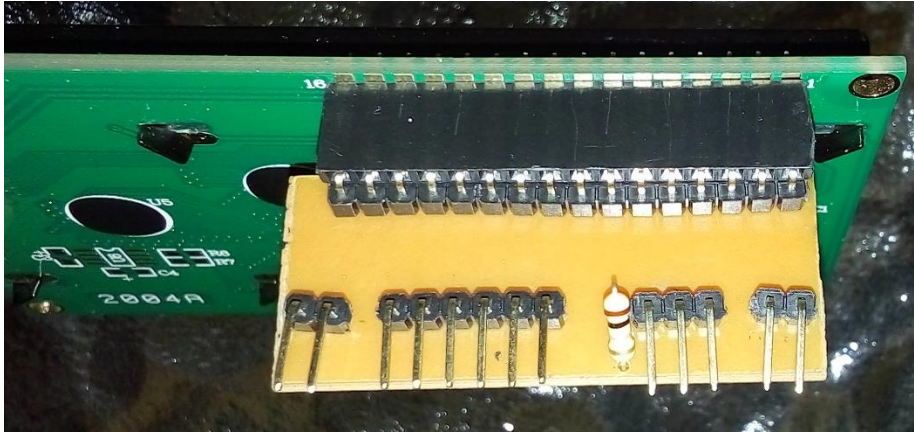
de forma más cómoda dos potenciómetros para las secciones del brillo de fondo y el contraste de la misma.



**Imagen 62.** LCD 20x4.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 63.** Interfaz de LCD 20x4.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 64.** LCD e Interfaz 20x4.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.2.7. Sistema Electromecánico de Control

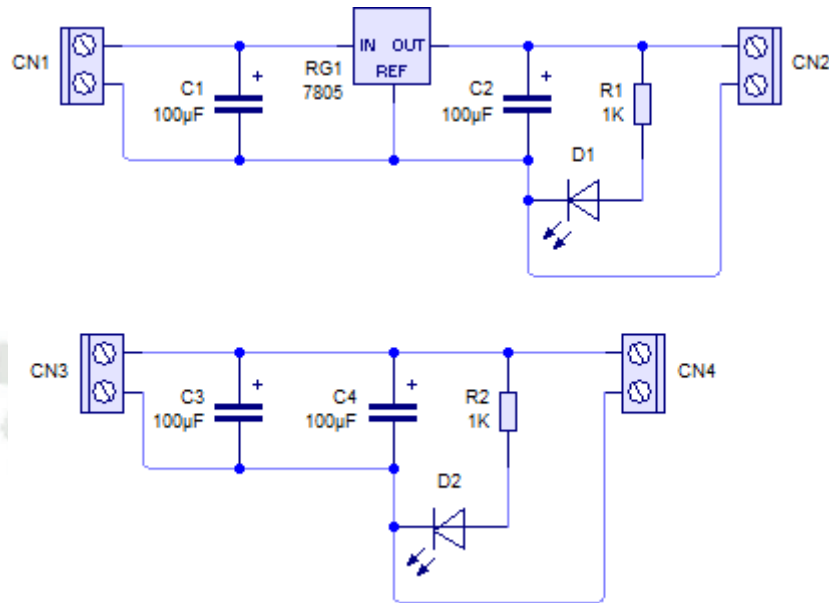
Este sistema se basa en la lectura de puntos para determinar posibles fallas dentro del código o en la respuesta de los componentes electrónicos. Esta tarjeta o placa fue diseñada con la finalidad de poder identificar cualquier tipo de error apenas suceda y así evitar pérdidas de tiempo en la búsqueda de tal falla para su posterior reparación u optimización.



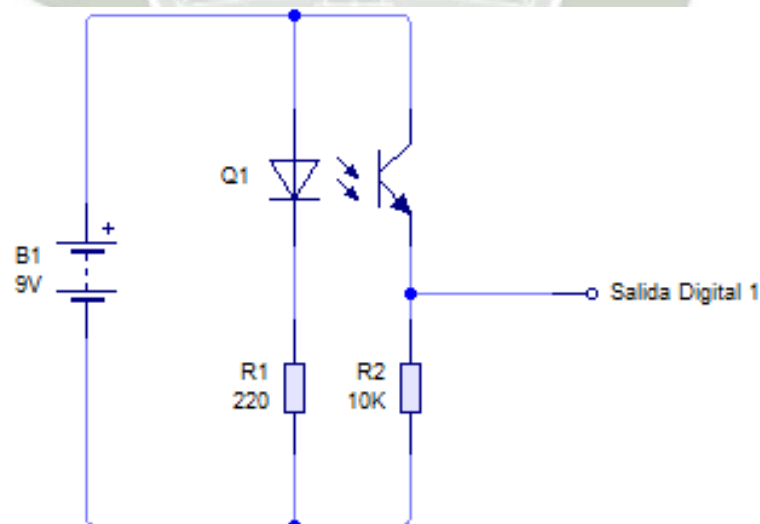
**Imagen 65.** Sistema de Control  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.3. Diseño de diagramas:

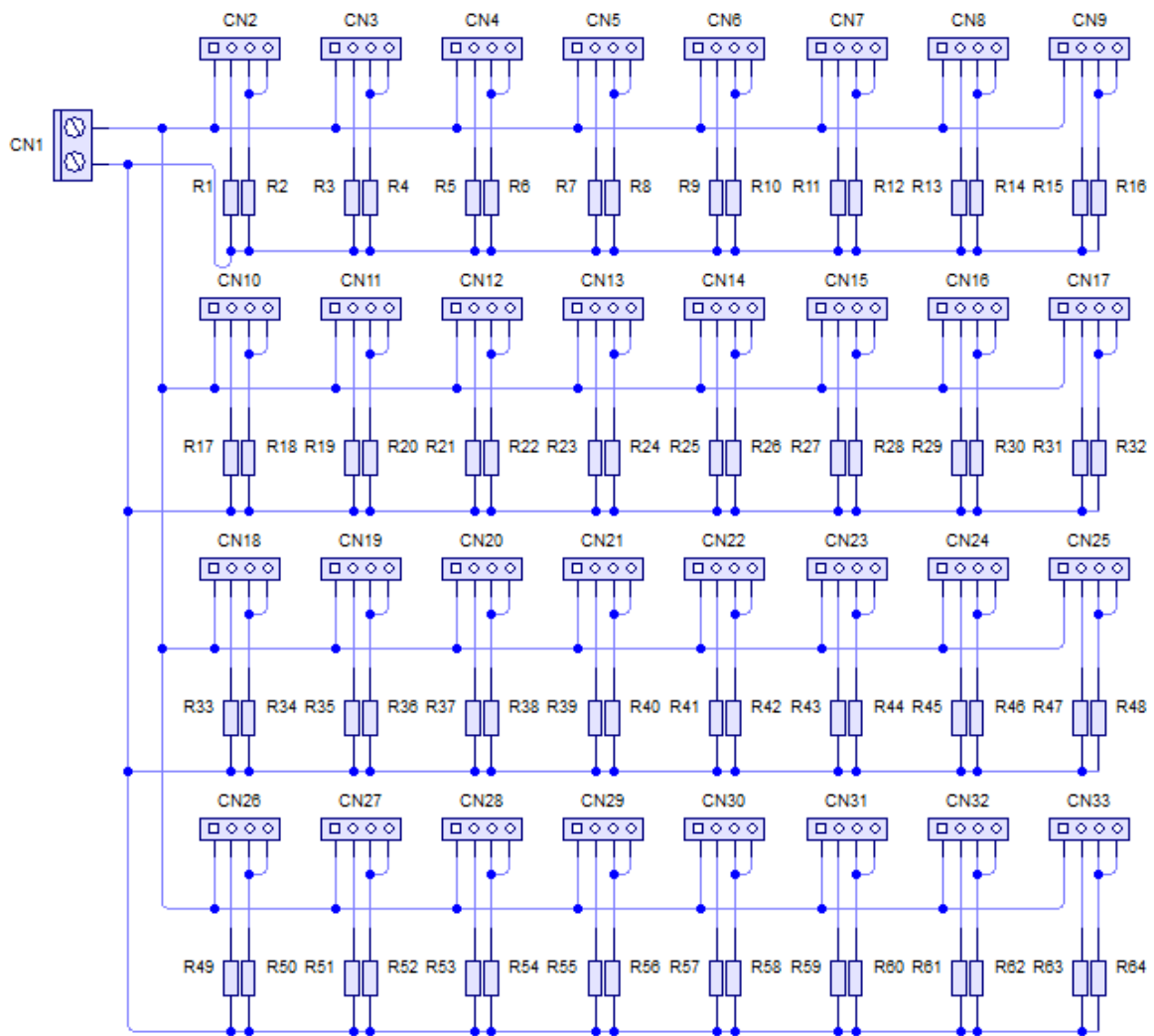
El diseño de los diagramas está basado en componentes de electrónica pasiva y componentes semiconductores, desarrollándose así sobre los fundamentos básicos de la electrónica.



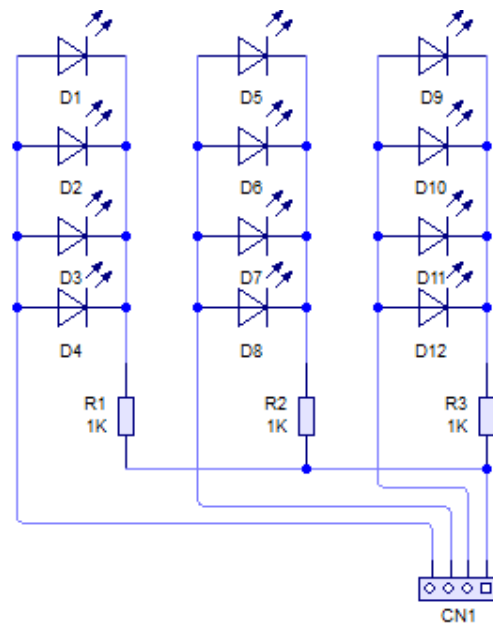
**Imagen 66.** Diagrama de Alimentación.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 67.** Esquemático Sensor CNY70.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

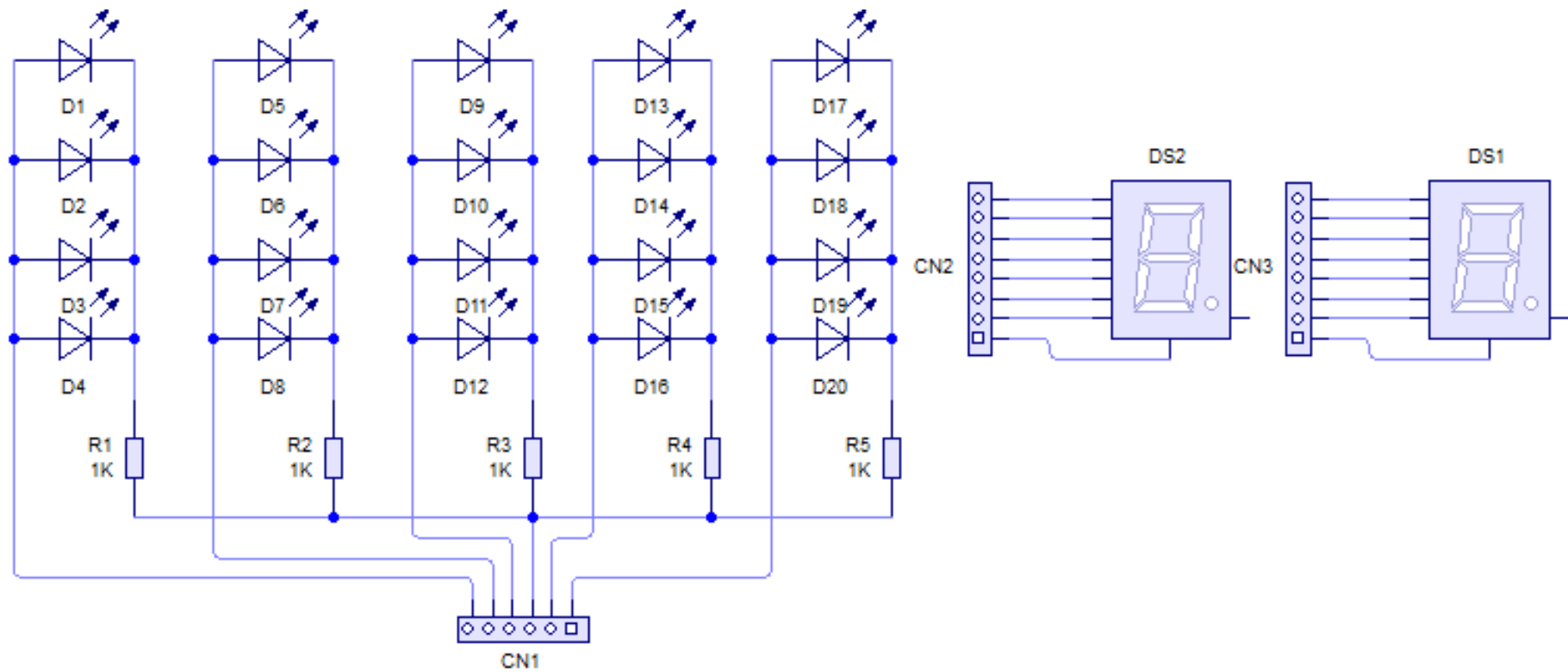


**Imagen 68.** Esquemático de Placa de Sensores.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

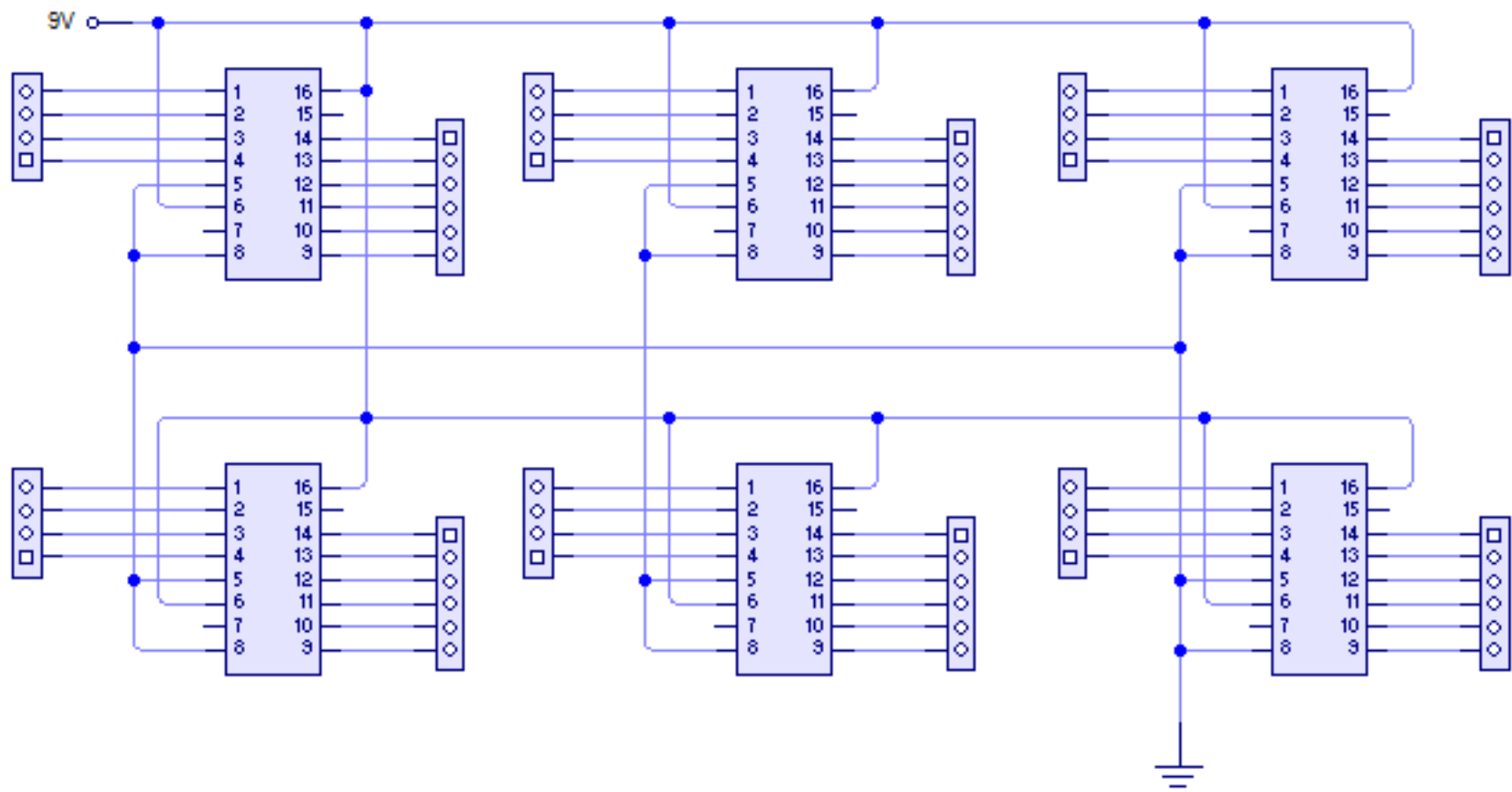


**Imagen 69.** Diagrama de Luces del Semáforo.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

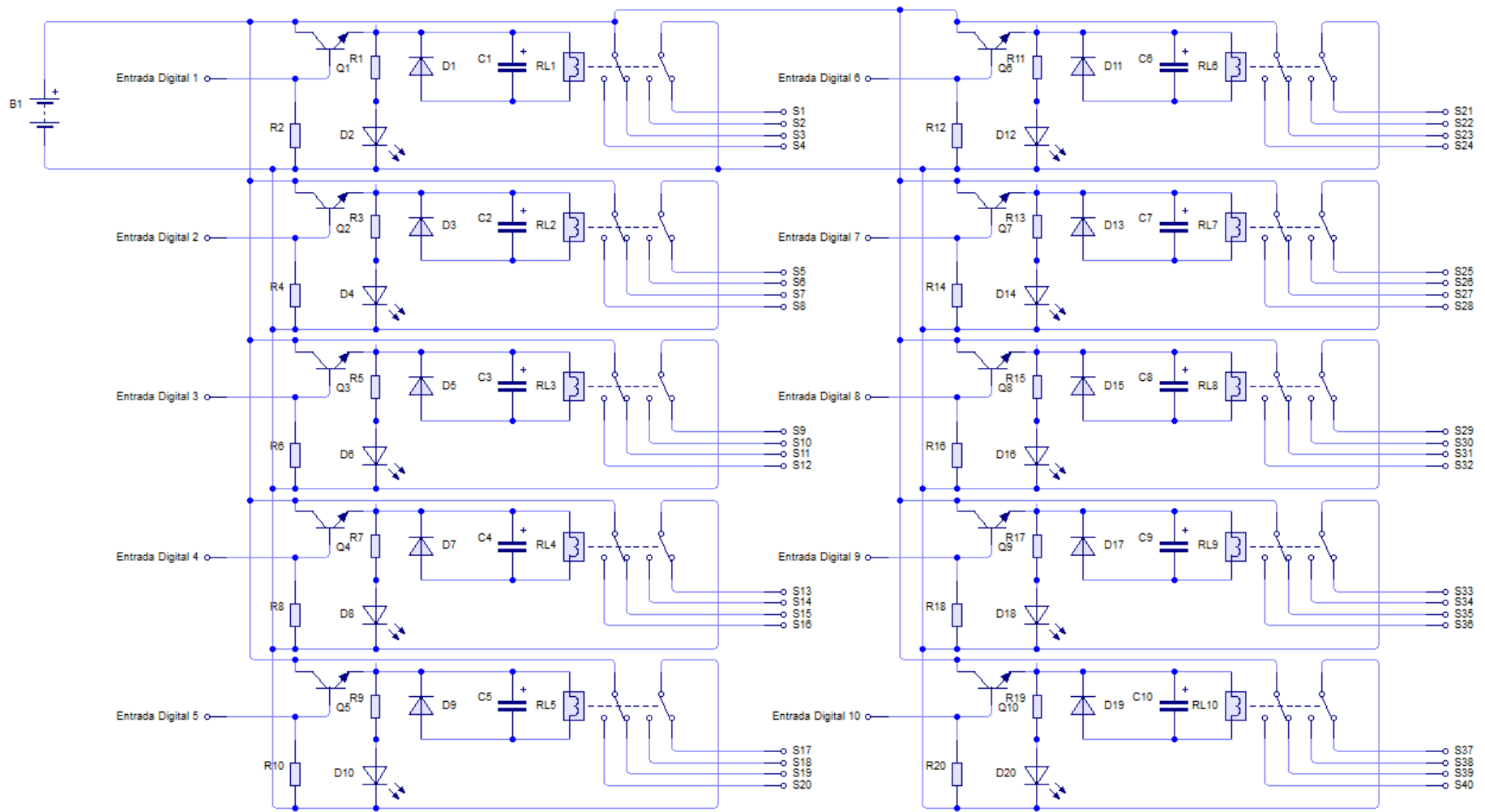




**Imagen 70.** Diagrama de Semáforos y Displays.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 71.* Diagrama de Posible Multiplexación de LCDs  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

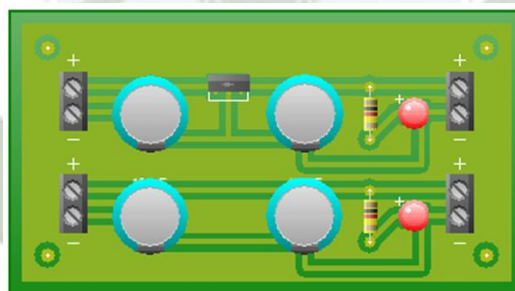


**Imagen 72.** Esquemático de Sistema de Control  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

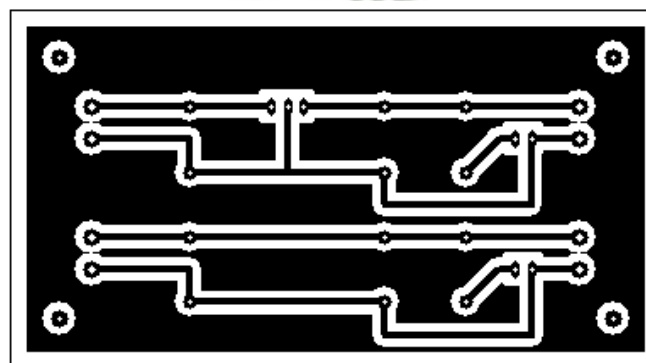
### 3.4. Elaboración de placas:

La elaboración de las placas se realiza del modo clásico, utilizando placas de PCB de baquelita, para lo cual se siguen los siguientes pasos:

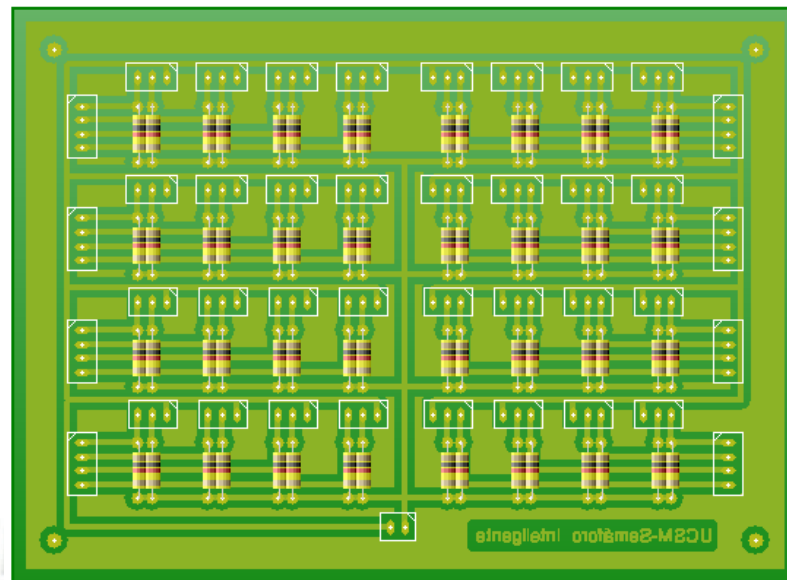
- Se convierten los diseños anteriores a un programa de pistas (para este proyecto hemos utilizado el PCB Wizard 3.50).
- Se imprimen los diseños finalizados sobre papel couche (se necesita utilizar papel couche, y la impresora debe ser laser).
- Se realiza la transferencia del tóner por calor al PCB (en nuestro caso hemos planchado cada una de las placas durante cinco minutos).
- Se extrae el papel restante y se sumergen las placas en ácido férrico.
- Se extrae del ácido y se limpian las placas con tiner.



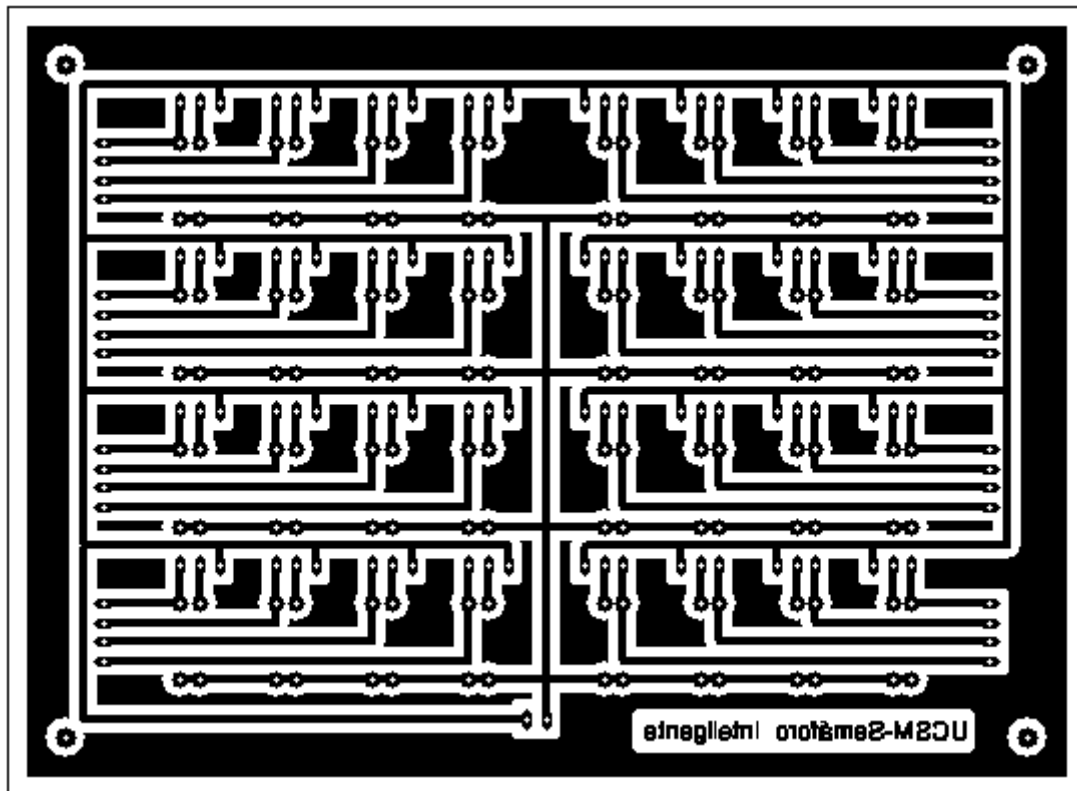
**Imagen 73.** Real World de Alimentación.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



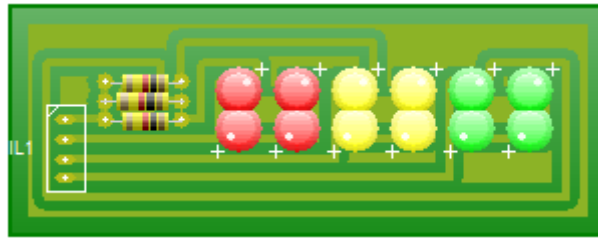
**Imagen 74.** PCB de Alimentación.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



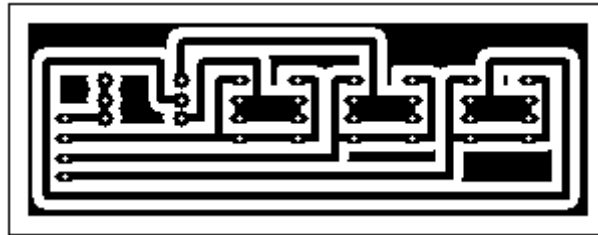
*Imagen 75. Real World de Placa de Sensores*  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



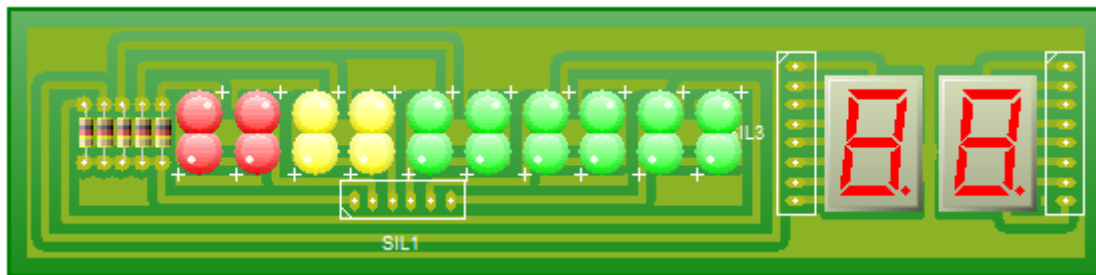
*Imagen 76. PCB de Placa de Sensores.*  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



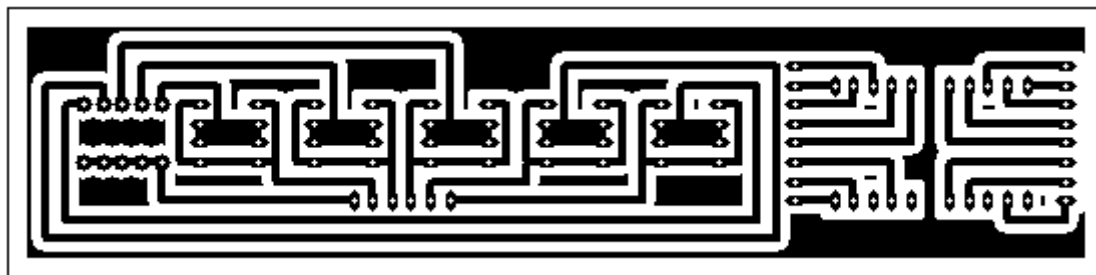
**Imagen 77.** Real World de Luces de Semáforo.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



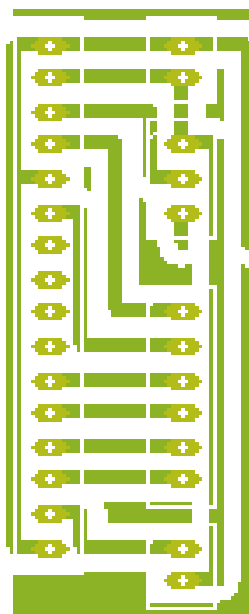
**Imagen 78.** PCB de Luces de Semáforo.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



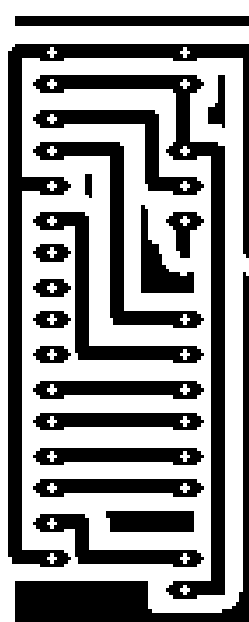
**Imagen 79.** Real World de Semáforo y Displays.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



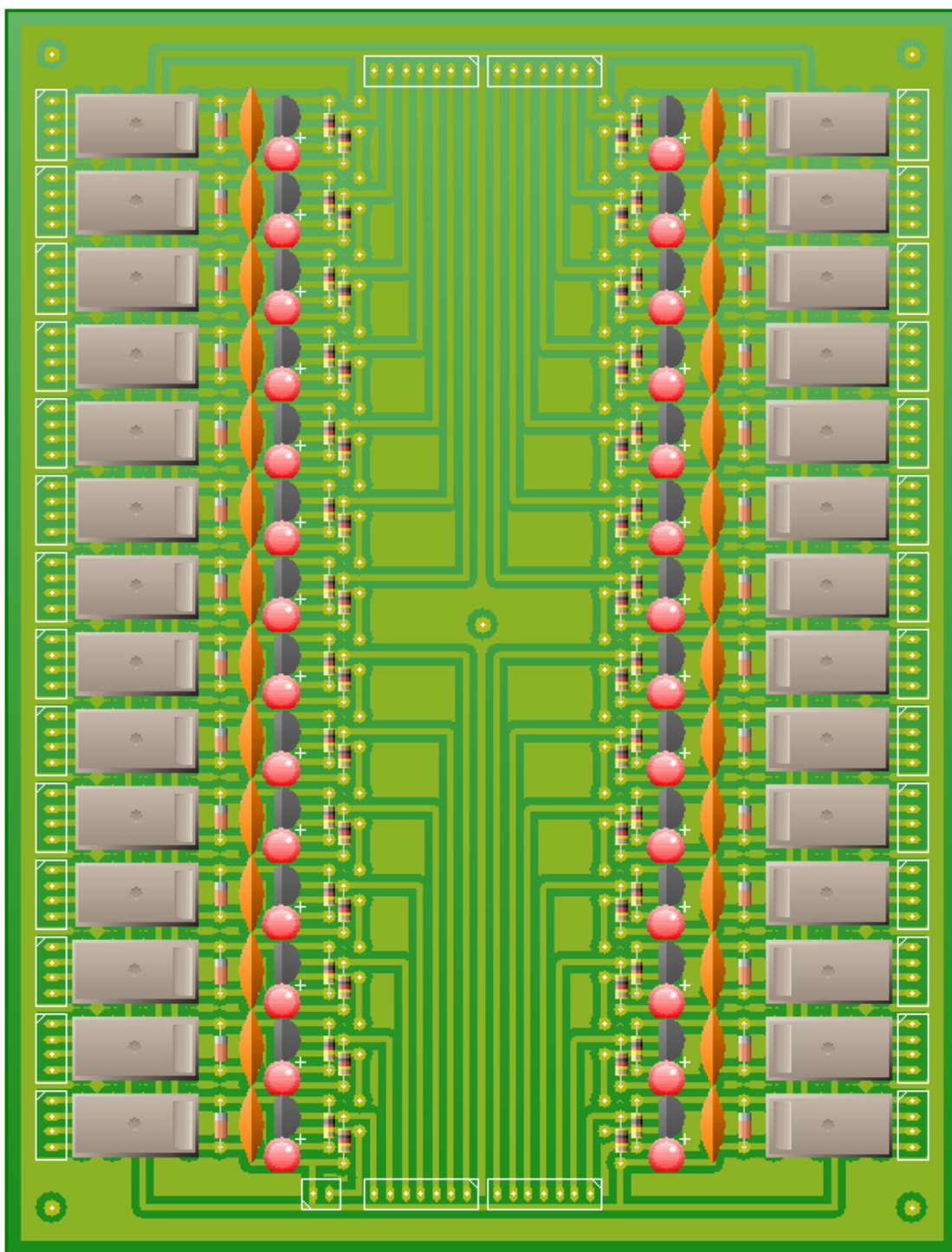
**Imagen 80.** PCB de Semáforo y Displays.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



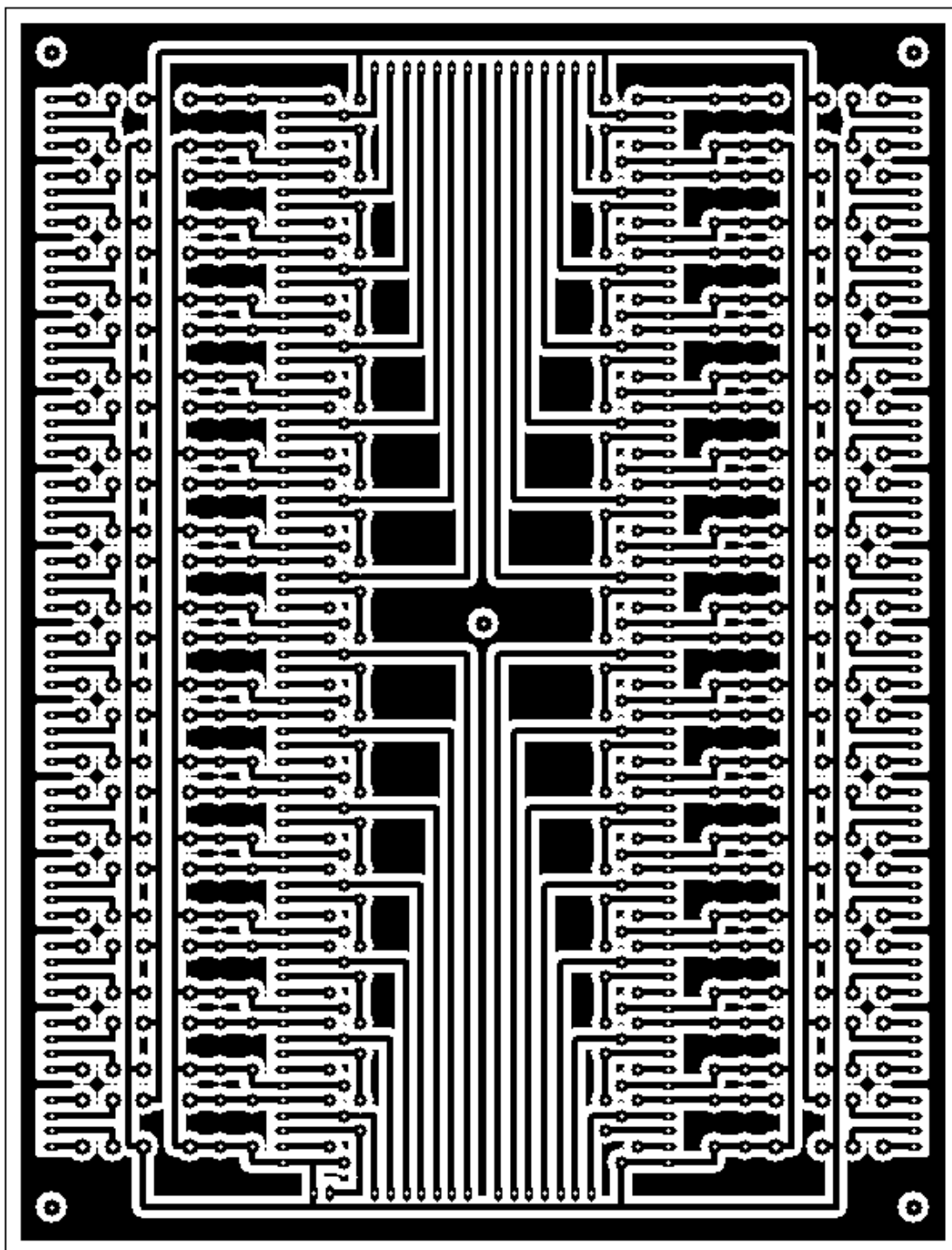
**Imagen 81.** Real World de Interfaz de LCD.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 82.** PCB de Interfaz de LCD.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



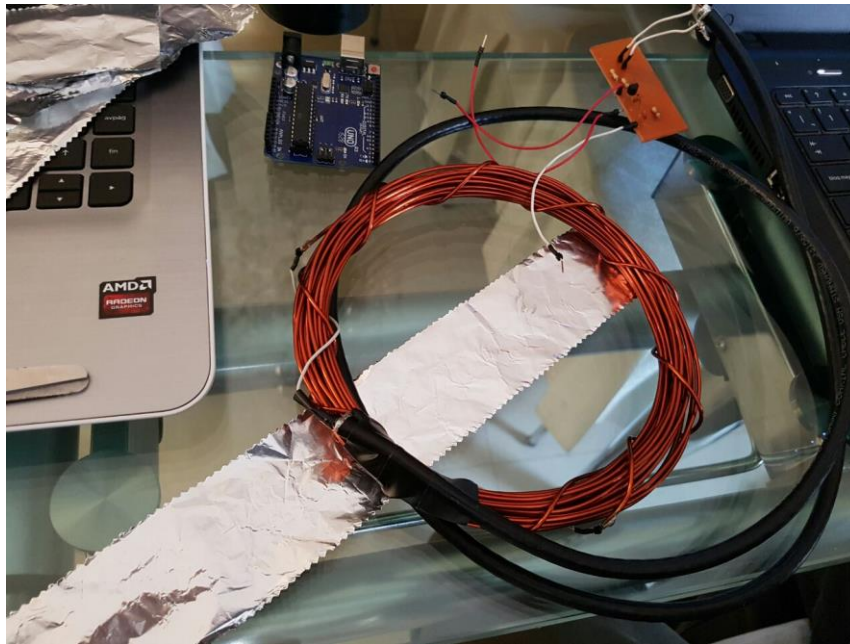
**Imagen 83.** Real World de Sistema de Control.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 84. PCB de Sistema de Control.  
Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.5. Sensor de Inducción:

A continuación veremos un detector de metal casero con su respectivo código con la finalidad de demostrar su funcionamiento.



*Imagen 85. Sensor de Inducción.  
Fuente: Elaborado por los Autores.*

#### Programación del detector de metal

```
int a=0;
int b=0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  a=analogRead(A0);
  Serial.println(a); Lectura de ondas de oscilación
  if(a>=290 && b==0){//ingresa a metal detectado cuando las ondas de deteccion son elevadas.
    Serial.println("metal detectado");
    b=1;// variable de cambio de situacion entre el metal detectado y metal no detectado.
    delay(1000);
  }
  if(a<=275 && b==1){//ingresa a metal no detectado cuando las ondas de deteccion son bajas.
    Serial.println("metal no detectado");
    b=0;// variable de cambio de situacion entre el metal detectado y metal no detectado.
    delay(1000);
  }
}
```

Empresas actuales donde fabrican sensores de inducción (Fuente de comercio electrónico

Extraído de: <http://es.made-in-china.com/manufacturers/inductive-proximity-sensor.html>):

- **Shanghai Lanbao Sensing Technology.**

**Tipo de Negocio:** Fabricante/fábrica

**Principales Productos:** Sensor, Interruptor de Proximidad, Sensor Fotoeléctrico, Sensor Inductivo, Sensor Capacitivo.

- **Zhejiang Xurui Electronic.**

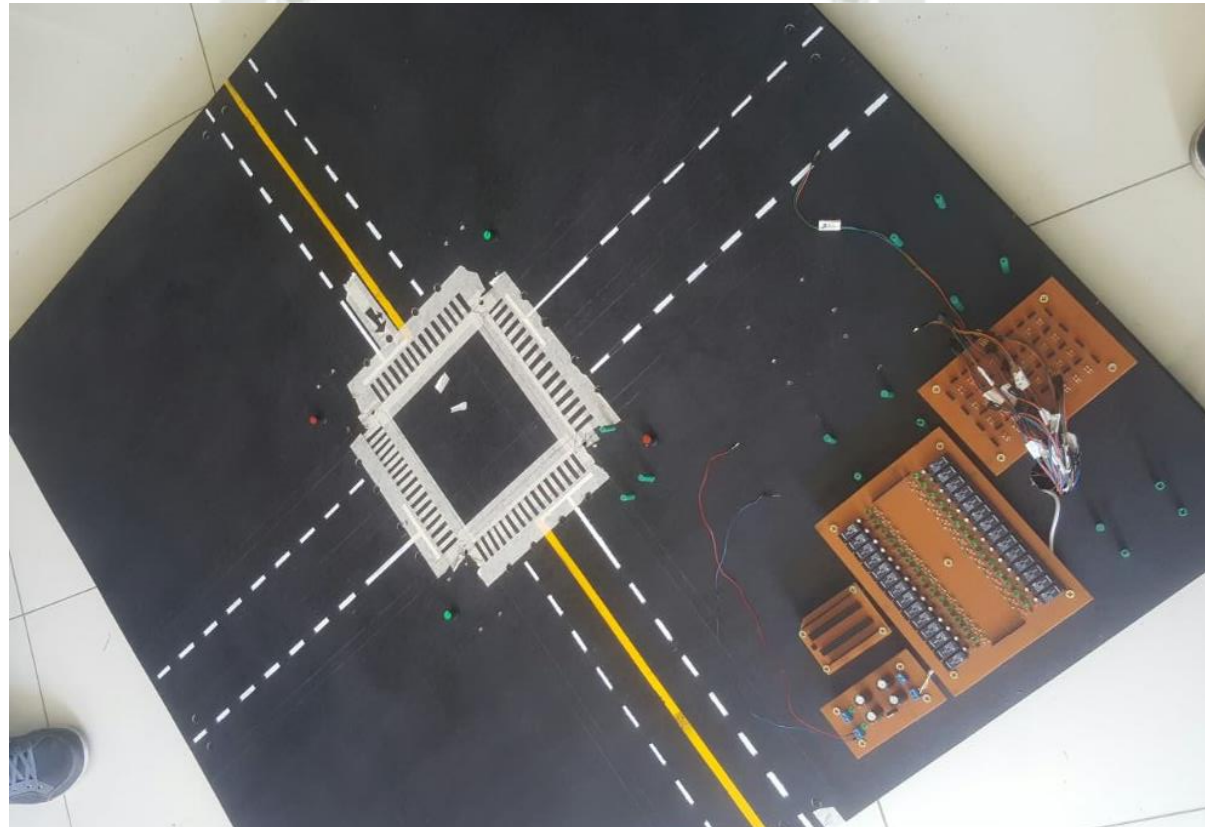
**Tipo de Negocio:** Fabricante/fábrica

**Principales Productos:** Sensor, Sensor Inductivo, Sensor de Proximidad, Proximidad Capacitivo, Sensor Hall.



---

### 3.6. Elaboración de Maqueta:



**Imagen 86.** Elaboración de la maqueta.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 87.* Maqueta terminada.  
*Fuente:* Elaborado por los Autores.



**Imagen 88.** Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 1.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 89. Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 2.  
Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 90.** Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 3.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 91.* Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 4.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



**Imagen 92.** Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 5.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*



*Imagen 93.* Desarrollo de las avenidas con semáforos inteligentes 6.  
*Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.7. Casos de Fluidez de Transito:

Para la toma de decisiones se tomó en cuenta los siguientes casos, de acuerdo a la cantidad de vehículos y peatones:

- **CASO 1:** Se aplica **máxima prioridad** a los vehículos del Norte, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 2:** Se aplica **máxima prioridad** a los vehículos del Oeste, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 3:** Se aplica **máxima prioridad** a los vehículos del Sur, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 4:** Se aplica **máxima prioridad** a los vehículos del Este, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 5:** Se aplica **prioridad media** a los vehículos del Este y del Oeste, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 6:** Se aplica **prioridad media** a los vehículos del Norte y del Sur, sin dejar de aprovechar las demás vías, pero sin darle paso a los peatones.
- **CASO 7:** Se aplica **baja prioridad** a los vehículos del Este y del Oeste, dándole paso a los peatones.
- **CASO 8:** Se aplica **baja prioridad** a los vehículos del Norte y del Sur,

dándole paso a los peatones.

- **CASO 9:** Se aplica **prioridad** a los peatones del Noroeste, sin dejar de aprovechar las demás vías para los vehículos.
- **CASO 10:** Se aplica **prioridad** a los peatones del Suroeste, sin dejar de aprovechar las demás vías para los vehículos.
- **CASO 11:** Se aplica **prioridad** a los peatones del Noroeste, sin dejar de aprovechar las demás vías para los vehículos.
- **CASO 12:** Se aplica **prioridad** a los peatones del Noreste, sin dejar de aprovechar las demás vías para los vehículos.
- **CASO 13:** Se aplica **máxima prioridad** a los peatones de todas las vías (en el caso de que no haya vehículos o la cantidad de peatones en más de 2 vías sea muy elevada).

Estimando la distancia del inicio de las vías hasta el semáforo, se pudo calcular la cantidad máxima de vehículos por vía, y así también los tiempos para cada una, en este caso se asignó un tiempo promedio para estos, descrito a continuación:

- Si se encuentra entre 0 a 5 vehículos en una vía se asignó un tiempo de 20 segundos, además del caso respectivo.
- Si se encuentra entre 6 a 10 vehículos se asignó un tiempo de 30

segundos, además del caso respectivo.

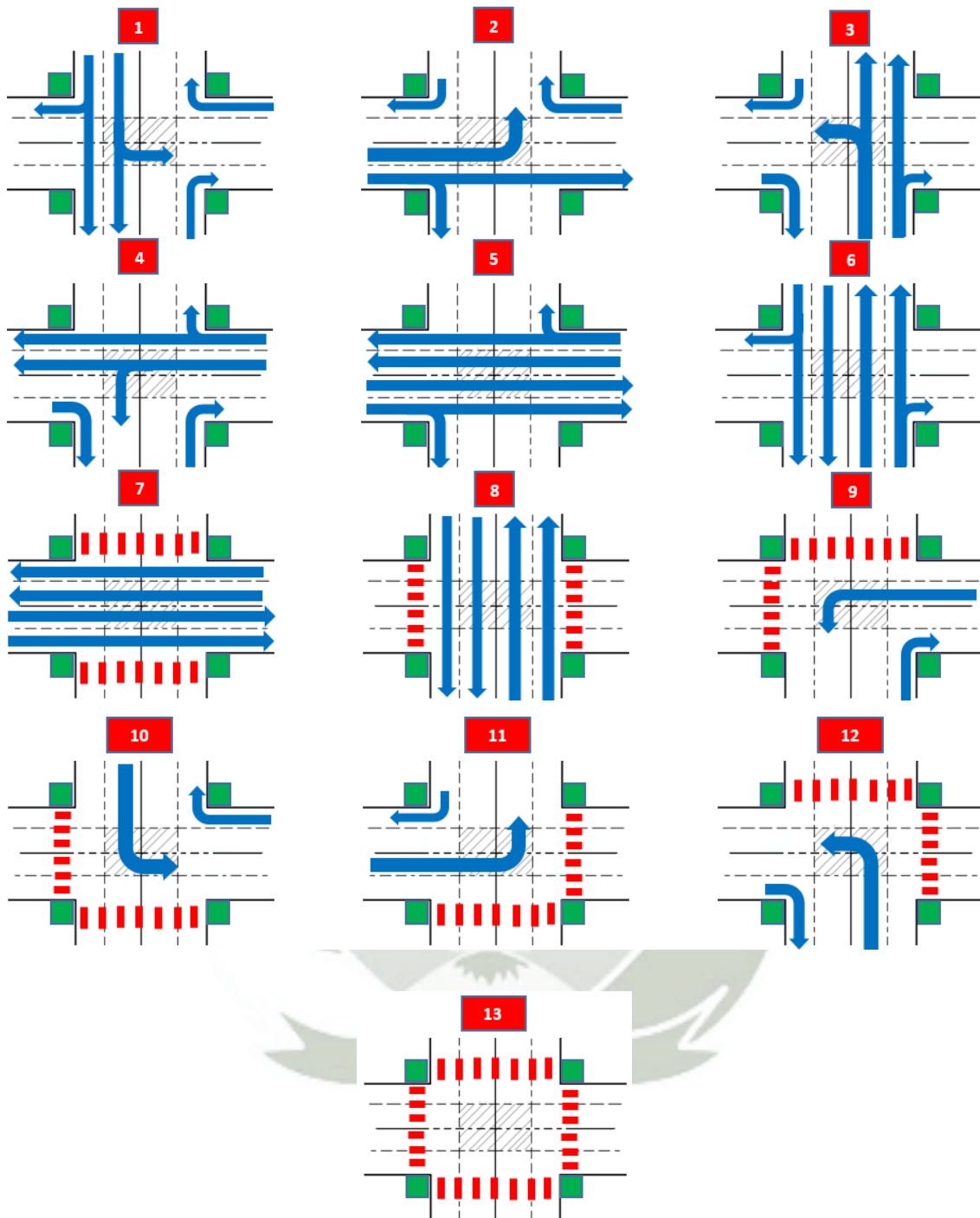
- Si se encuentra entre 11 a más vehículos se asignó un tiempo de 40 segundos, además del caso respectivo.

Como primera prioridad se calcula el número de peatones para asignarles o no un Caso y tiempo determinados, al concluir esto el algoritmo continuara al siguiente paso que es medir la cantidad de vehículos para asignar el Caso y tiempo respectivos.

Siempre se toma en cuenta la vía con mayor cantidad de vehículos para asignar el tiempo y evitar errores.

Gracias a la adaptabilidad y fácil configuración del Arduino, en el supuesto caso de que la vía respectiva tenga una mayor longitud, o sea una vía donde haya más fluidez de vehículos en uno u otro sentido, se tomara en cuenta intervalos de tiempo diferentes.

La descripción grafica de los casos presentados, se muestra a continuación:



**Imagen 94.** Casos de fluidez de tránsito aplicados.

*Fuente: Elaborado por los Autores.*

### 3.8. Código De Programación:

Para la toma de decisiones del semáforo vehicular se tomó en cuenta la siguiente relación de vehículos / tiempo, los datos pueden variar dependiendo de longitud de la vía.

Estimación de vehículos promedio	Tiempo
0	1 Segundo
1-5	20 segundos
6-10	30 segundos
11 - 15	40 segundos

**Tabla 8.** Relación Vehículos/Tiempo.  
*Fuente: Elaborado por los autores*

Para la toma de decisiones del semáforo peatonal se tomó en cuenta la siguiente relación de peatones / tiempo, los datos pueden variar dependiendo de longitud de la vía.

Estimación de peatones promedio	Tiempo
0	0 Segundos
0-5	15 segundo

**Tabla 9.** Relación Peatones/Tiempo.  
*Fuente: Elaborado por los autores*

El algoritmo de decisión necesario para la toma de decisiones se describe a continuación:

### Algoritmo de Decisión

-Declaración de las Variables.

#### VOID SETUP()

-Declaración de PINES como PINES de entrada  
-INTERRUPCIONES

#### VOID LOOP()

-Reinicia Variables de Apoyo  
-Lectura de puertos Analógicos (Sensor de Peatones)  
-Mapeo respectivo para convertir datos del Sensor de Peatones en Variables Especificas  
-Llamado función **DecisiónPeatones()**:  
-Llamado función **Decisión()**;

#### DecisiónPeatones() {

**SI:** Cualquier esquina es diferente de **0** peatones

**SI:** 2 Esquinas tienen 10 o más peatones

**ENTONCES:** → “Preferencia Peatones”

-Caso = **131**;

-Envía Caso;

-Espera **15 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** Esquina1 tiene 10 o más peatones

**ENTONCES:** -Caso = **91**;

-Envía Caso;

-Espera **15 Segundos**;

**SI:** Esquina2 tiene 10 o más peatones

**ENTONCES:** -Caso = **101**;

-Envía Caso;

-Espera **15 Segundos**;

**SI:** Esquina3 tiene 10 o más peatones

**ENTONCES:** -Caso = **111**;

-Envía Caso;

-Espera **15 Segundos**;

**SI:** Esquina4 tiene 10 o más peatones

**ENTONCES:** -Caso = **121**;

-Envía Caso;

-Espera **15 Segundos**;

}

## Decisión (){

**SI:** Todas las esquinas tienen **0** vehículos

- Caso = **0**;
- Envía Caso;
- Espera **1 Segundo**

**SINO:**

**SI:** (Norte + Sur) es **mayor** (Este + Oeste)

- CalculoNS();
- SI:** (Este + Oeste) es **diferente** de **0**
- CalculoEO();

**SINO:**

- CalculoEO();
- SI:** (Norte + Sur) es **diferente** de **0**
- CalculoNS();

}

## CalculoNS(){

**SI:** Norte o Sur es **igual** a **0**

**SI:** Sur es **igual** a **0**

**SI:** Norte está **entre 0 y 5**

- Caso **11**;
- Envía Caso;
- Espera **20 Segundos**

**SINO:**

**SI:** Norte está **entre 5 y 10**

- Caso **12**;
- Envía Caso;
- Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** Norte está **entre 5 y 10**

- Caso **13**;
- Envía Caso;
- Espera **30 Segundos**

**SI:** Norte es **igual** a **0**

**SI:** Sur está **entre 0 y 5**

- Caso **31**;
- Envía Caso;
- Espera **20 Segundos**

**SINO:**

**SI:** Sur está **entre 5 y 10**

- Caso **32**;
- Envía Caso;
- Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** Sur está **entre 5 y 10**

- Caso **33**;

-Envía Caso;  
-Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Norte o Sur) están **entre 10 o 15**

-Caso = **63**  
-Envía Caso  
-Guarda datos para comparar  
-Espera **40 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Norte o Sur) están **entre 10 o 15**

-Caso = **62**  
-Envía Caso  
-Guarda datos para comparar  
-Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Norte o Sur) están **entre 10 o 15**

-Caso = **61**  
-Envía Caso  
-Guarda datos para comparar  
-Espera **20 Segundos**

**Funcion813();**

}

**Función813(){**

-Calcula diferencia entre variable actual NORTE y variable guardada NORTE.  
-Calcula diferencia entre variable actual SUR y variable guardada SUR.  
-Si alguno de los 2 es menor a **0** lo iguala para evitar errores.

**SI:** DiferenciaNorte o DiferenciaSur es **diferente** de **0**

**SI:** DiferenciaNorte es **mayor** a DiferenciaSUR

**SI:** DiferenciaNorte está entre **0 y 5**

-Caso = **11**;  
-Enviar Caso;  
-Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaNorte está entre **5 y 10**

-Caso = **12**;  
-Enviar Caso;  
-Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaNorte está entre **10 y 15**

-Caso = **13**;  
-Enviar Caso;  
-Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaSUR es **diferente** de **0**

**SI:** DiferenciaSUR está entre **0 y 5**

-Caso = **31**;

- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaSUR está entre **5** y **10**

- Caso = **32**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaSUR está entre **10** y **15**

- Caso = **33**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaSUR es **mayor** a DiferenciaNorte

**SI:** DiferenciaSUR está entre **0** y **5**

- Caso = **31**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaSUR está entre **5** y **10**

- Caso = **32**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaSUR está entre **10** y **15**

- Caso = **33**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaNorte es **diferente** de **0**

**SI:** DiferenciaNorte está entre **0** y **5**

- Caso = **11**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaNorte está entre **5** y **10**

- Caso = **12**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaNorte está entre **10** y **15**

- Caso = **13**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**Función87();**

**}**

## Función87(){

**SI:** Cualquier esquina es diferente de **0** peatones  
**SI:** Al menos 2 esquinas tienen de **0** a **5** peatones  
 -Caso **81**;  
 -Enviar Caso;  
 -Espera **10 Segundos**  
**SI:** Una esquina tiene más de **0** peatones  
 -Caso **71**;  
 -Enviar Caso;  
 -Espera **10 Segundos**  
**SI:** Al menos 2 esquinas tienen de **5** a **10** peatones  
 -Caso **82**;  
 -Enviar Caso;  
 -Espera **15 Segundos**  
**SI:** Una esquina tiene más de **0** peatones  
 -Caso **71**;  
 -Enviar Caso;  
 -Espera **10 Segundos**  
 }

## CalculoEO(){

**SI:** Este o Oeste es **igual** a **0**  
**SI:** Oeste es **igual** a **0**  
**SI:** Este está **entre 0** y **5**  
 -Caso **41**;  
 -Envía Caso;  
 -Espera **20 Segundos**  
**SINO:**  
**SI:** Este está **entre 5** y **10**  
 -Caso **42**;  
 -Envía Caso;  
 -Espera **30 Segundos**  
**SINO:**  
**SI:** Este está **entre 5** y **10**  
 -Caso **43**;  
 -Envía Caso;  
 -Espera **30 Segundos**  
  
**SI:** Este es **igual** a **0**  
**SI:** Oeste está **entre 0** y **5**  
 -Caso **21**;  
 -Envía Caso;  
 -Espera **20 Segundos**  
**SINO:**  
**SI:** Oeste está **entre 5** y **10**  
 -Caso **22**;  
 -Envía Caso;  
 -Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** Oeste está **entre 5 y 10**

- Caso **23**;
- Envía Caso;
- Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Este o Oeste) están **entre 10 o 15**

- Caso = **53**
- Envía Caso
- Guarda datos para comparar
- Espera **40 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Este o Oeste) están **entre 10 o 15**

- Caso = **52**
- Envía Caso
- Guarda datos para comparar
- Espera **30 Segundos**

**SINO:**

**SI:** (Este o Oeste) están **entre 10 o 15**

- Caso = **51**
- Envía Caso
- Guarda datos para comparar
- Espera **20 Segundos**

**Funcion524();**

}

**Función524(){**

- Calcula diferencia entre variable actual OESTE y variable guardada OESTE.
- Calcula diferencia entre variable actual ESTE y variable guardada ESTE.
- Si alguno de los 2 es menor a **0** lo iguala para evitar errores.

**SI:** DiferenciaOeste o DiferenciaEste es **diferente de 0**

**SI:** DiferenciaOeste es **mayor** a DiferenciaEste

**SI:** DiferenciaOeste está entre **0 y 5**

- Caso = **21**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaOeste está entre **5 y 10**

- Caso = **22**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaOeste está entre **10 y 15**

- Caso = **23**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaEste es **diferente** de **0**

**SI:** DiferenciaEste está entre **0** y **5**

- Caso = **41**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaEste está entre **5** y **10**

- Caso = **42**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaEste está entre **10** y **15**

- Caso = **43**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaEste es **mayor** a DiferenciaOeste

**SI:** DiferenciaEste está entre **0** y **5**

- Caso = **41**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaEste está entre **5** y **10**

- Caso = **42**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaEste está entre **10** y **15**

- Caso = **43**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

**SI:** DiferenciaOeste es **diferente** de **0**

**SI:** DiferenciaOeste está entre **0** y **5**

- Caso = **21**;
- Enviar Caso;
- Espera **20 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaOeste está entre **5** y **10**

- Caso = **22**;
- Enviar Caso;
- Espera **30 Segundos**;

**SINO:**

**SI:** DiferenciaOeste está entre **10** y **15**

- Caso = **23**;
- Enviar Caso;
- Espera **40 Segundos**;

```
Función78();
}
```

### **Función78(){**

**SI:** Cualquier esquina es diferente de **0** peatones

**SI:** Al menos 2 esquinas tienen de **0** a **5** peatones

-Caso **71**;

-Enviar Caso;

-Espera **10 Segundos**

**SI:** Una esquina tiene más de **0** peatones

-Caso **81**;

-Enviar Caso;

-Espera **10 Segundos**

**SI:** Al menos 2 esquinas tienen de **5** a **10** peatones

-Caso **72**;

-Enviar Caso;

-Espera **15 Segundos**

**SI:** Una esquina tiene más de **0** peatones

-Caso **81**;

-Enviar Caso;

-Espera **10 Segundos**



## Capítulo 4: Caso de Estudio y Análisis de Resultados

---

### 4.1 Técnicas de análisis:

Al ser un proyecto cuantitativo los datos que obtendremos serán bastante claros en cuanto a la interpretación por parte de terceros.

Las tablas se describirán a continuación:

- Tabla de mediciones para Semáforo Convencional, instalado entre las avenidas Salaverry, Av. Mariscal Cáceres con San Juan de dios y Quiróz, ubicadas en el Cercado de Arequipa, provincia de Arequipa, Región de Arequipa (la toma de datos durará una semana, no se tomarán en cuenta accidentes suscitados).
- Tabla de mediciones Semáforo Inteligente, para dichas mediciones lo que se realizará será tomar las condiciones expresadas en las tablas del Semáforo Convencional y emularlas en la maqueta de simulación (la toma de datos se emulará durante una semana, no se emularán accidentes que puedan suscitarse).

## 4.2 Resultados

### Toma de Datos de Semáforo Convencional

Hora del día	Cantidad de Autos en la Vía Uno	Cantidad de Autos en la Vía Dos	Cantidad de Autos en la Vía Tres	Cantidad de Autos en la Vía Cuatro	Cantidad de Personas en la Esquina Uno	Cantidad de Personas en la Esquina Dos	Cantidad de Personas en la Esquina Tres	Cantidad de Personas en la Esquina Cuatro	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Uno	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Dos	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Tres	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Cuatro
6:30 am.	5	5	5	5	10	10	15	15	60	60	60	60
7:00 am.	10	10	5	5	10	10	10	15	60	60	60	60
7:30 am.	20	20	10	10	15	15	15	15	60	60	60	60
8:00 am.	20	20	15	15	15	15	15	15	60	60	60	60
8:30 am.	20	20	15	15	15	20	10	15	60	60	60	60
9:00 am.	15	15	15	10	20	15	10	15	60	60	60	60

9:30 am.	15	15	15	10	20	15	20	15	60	60	60	60
10:00 am.	10	10	10	10	20	25	20	15	60	60	60	60
10:30 am.	10	10	10	10	20	25	20	15	60	60	60	60
11:00 am.	10	10	10	10	20	25	20	15	60	60	60	60
11:30 am.	10	10	10	10	20	25	25	25	60	60	60	60
12:00 am.	15	15	15	15	15	10	15	25	60	60	60	60
12:30 am.	25	25	20	15	15	15	15	15	60	60	60	60
1:00 pm.	25	25	25	15	20	20	20	20	60	60	60	60
1:30 pm.	25	25	25	15	30	20	20	20	60	60	60	60
2:00 pm.	25	25	25	15	20	20	20	20	60	60	60	60

2:30 pm.	20	15	10	15	20	20	20	20	60	60	60	60
3:00 pm.	15	15	10	10	20	15	15	15	60	60	60	60
3:30 pm.	15	15	10	10	15	15	15	10	60	60	60	60
4:00 pm.	20	20	15	20	15	15	15	15	60	60	60	60
4:30 pm.	20	20	15	20	10	15	15	15	60	60	60	60
5:00 pm.	25	25	15	20	15	15	15	15	60	60	60	60
5:30 pm.	25	25	15	20	20	20	20	20	60	60	60	60
6:00 pm.	25	25	15	20	25	25	25	25	60	60	60	60
6:30 pm.	25	25	15	20	25	25	25	25	60	60	60	60
7:00 pm.	25	25	15	20	25	25	25	25	60	60	60	60

**Tabla 10.** Toma de Datos de Semáforo Convencional.

### Toma de Datos de Semáforo Inteligente

Hora del día	Cantidad de Autos en la Vía Uno	Cantidad de Autos en la Vía Dos	Cantidad de Autos en la Vía Tres	Cantidad de Autos en la Vía Cuatro	Cantidad de Personas en la Esquina Uno	Cantidad de Personas en la Esquina Dos	Cantidad de Personas en la Esquina Tres	Cantidad de Personas en la Esquina Cuatro	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Uno	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Dos	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Tres	Tiempo de Semáforo en Verde en la Vía Cuatro
6:30 am.	2	2	2	2	5	5	7	7	10	10	10	10
7:00 am.	5	5	5	5	5	5	5	7	10	10	10	10
7:30 am.	5	5	3	2	7	7	7	7	10	10	10	10
8:00 am.	10	10	7	7	7	7	7	7	20	20	20	20
8:30 am.	10	10	7	7	7	7	7	7	20	20	20	20
9:00 am.	7	7	7	5	10	7	5	7	20	20	20	10

9:30 am.	7	7	7	5	10	7	10	8	10	20	20	10
10:00 am.	5	5	5	5	10	13	10	7	10	10	10	10
10:30 am.	5	5	5	5	10	13	10	7	10	10	10	10
11:00 am.	5	5	5	5	10	13	10	8	10	10	10	10
11:30 am.	5	5	5	5	10	15	15	13	10	10	10	10
12:00 am.	7	7	7	7	7	5	7	10	20	20	20	20
12:30 am.	6	6	3	2	7	7	7	7	20	20	10	10
1:00 pm.	12	12	12	7	10	10	10	10	20	20	20	20
1:30 pm.	12	12	12	8	15	10	10	10	30	30	30	30
2:00 pm.	13	13	13	9	10	10	10	10	30	30	30	20

2:30 pm.	10	8	5	7	10	10	10	10	10	20	10	20
3:00 pm.	5	6	5	6	10	7	7	7	10	20	10	20
3:30 pm.	5	4	5	4	7	7	7	5	10	10	10	10
4:00 pm.	9	5	7	6	7	7	7	7	20	10	20	20
4:30 pm.	7	9	6	7	5	7	7	7	20	20	20	20
5:00 pm.	12	13	6	10	7	7	7	7	30	30	20	20
5:30 pm.	11	13	5	10	10	10	10	10	20	30	10	20
6:00 pm.	11	11	7	10	12	12	7	7	30	30	20	20
6:30 pm.	12	12	7	10	12	12	13	13	30	30	20	20
7:00 pm.	10	12	7	10	11	12	13	13	20	30	20	20

*Tabla 11.* Toma de Datos de Semáforo Inteligente.

**Análisis de Resultados Obtenidos**

Intervalo de Tiempo	Semáforo Convencional – Promedio de Vehículos	Semáforo Convencional – Promedio de Peatones	Semáforo Inteligente – Promedio de Vehículos	Semáforo Inteligente – Promedio de Peatones
6:30 am. – 9 am.	14	17	7	10
9 am. – 1 pm.	16	15	9	10
1 pm. – 4 pm.	21	20	10	12
4 pm. – 7 pm.	24	17	11	10

**Tabla 12.** Análisis y Comparación de resultados obtenidos.

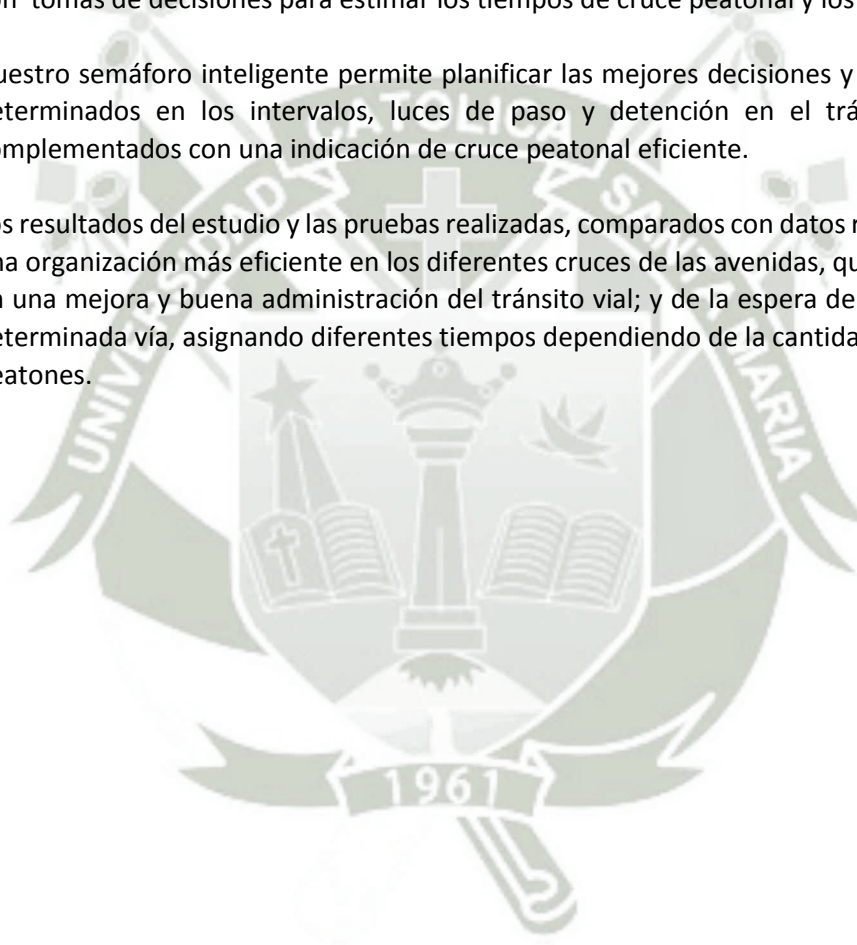
Para el análisis de resultados se tomó en cuenta tiempos promedio estimados de acuerdo a la cantidad máxima de peatones y vehículos, en estos predominaron los Casos 5 y 6, por la continua fluidez de los mismos.

Se observa una clara mejora en la fluidez, ya que a diferencia de los semáforos convencionales, los pequeños intervalos de tiempo en los que no hay vehículos o peatones no se desperdician.

---

### 4.3 Conclusiones:

1. Se ha construido e implementado un prototipo de sistema de semáforo inteligente basado en dispositivos electrónicos, configurado y programado para la mejora en la fluidez de vehículos y peatones. El sistema ha sido programado en el microcontrolador de Arduino que permite ejecutar simulaciones bajo diferentes condiciones de tráfico.
2. Se ha modelado el dispositivo haciendo uso de los diferentes sensores antes presentados, así resolviendo la fácil detección de vehículos y peatones
3. Se ha realizado un estudio de vías de las avenidas, cuyos resultados han sido procesados con tomas de decisiones para estimar los tiempos de cruce peatonal y los vehículos.
4. Nuestro semáforo inteligente permite planificar las mejores decisiones y dar los tiempos determinados en los intervalos, luces de paso y detención en el tránsito vehicular, complementados con una indicación de cruce peatonal eficiente.
5. Los resultados del estudio y las pruebas realizadas, comparados con datos reales, muestran una organización más eficiente en los diferentes cruces de las avenidas, que se transforma en una mejora y buena administración del tránsito vial; y de la espera de vehículos sobre determinada vía, asignando diferentes tiempos dependiendo de la cantidad de vehículos y peatones.



#### 4.4 Recomendaciones:

1. Al ser este un prototipo de semáforo inteligente adaptable a cualquier situación, se recomienda calcular la distancia de cada vía, desde el inicio de la cuadra hasta el semáforo, tomando en cuenta la capacidad de vehículos que podrían ingresar a dicha vía para así luego del análisis respectivo, asignar distancias similares para determinar la variación de los tiempos que se van a establecer para una mejor toma de decisión.
2. Al ser este un prototipo a escala, como se explicó anteriormente, para el ingreso de datos se utilizó distintos sensores y dispositivos a los presentados, siendo estos detectores infrarrojos CNY70 (Simulando un detector de metales para los vehículos) y potenciómetros (Simulando un Sensor de Peso/Presión para los peatones).
3. Para el prototipo se fabricó una fuente de poder de bajo costo, se recomienda utilizar una fuente de acuerdo a las necesidades o a la infraestructura que se presente.
4. Se fabricó un sistema de control electromecánico de bajo costo para detectar una posible falla en el voltaje de algún dispositivo determinado, se recomienda utilizar una fuente de poder alterna para este, ya que será necesaria una mayor cantidad de voltaje para los sensores de presión y detectores de metales, siendo insuficientes los presentados anteriormente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (Almansa, 2013) Juan Almansa, Desarrollo e implementación utilizando arduino y Zigbee con un sensor ultrasónico para control de nivel de llenado, Titulación en Ingeniería Técnica Industrial en Electricidad, ETSE (Escola Técnica Superior Enginyeria), 2013.
- (Aprendeymas, 2015) Tutorial de Internet, Semiconductores, Extraído de: <http://eptaprende.blogspot.pe/2015/07/son-los-semiconductores-mas-sencillos.html>, 2015.
- (Arduino, 2016) Arduino, Página oficial de Arduino, Extraído de: <https://www.arduino.cc/>, 2016.
- (Arduino Mega, 2014) Arduino mega, imagen de internet, Extraído de: <http://mikroe.es/arduino-mega-2560-rev3/>, 2014.
- (Areatecnologia, 2015) Imagen de internet, Resistencia Eléctrica: Extraído de: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html>.
- (Aranzabal, 2001) Andrés Aranzabal, Electrónica Básica, Curso de Electrónica Básica en Internet en la Universidad de Ingeniería Técnica industrial, España, 2001.
- (Atmel, 2014) Atmel, página oficial de atmel, Extraído de: [http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561\\_datasheet.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf), 2014.
- (Cibanal, 2001) Luis Cibanal, Profesor del curso de Teoria General de sistemas, fuente de internet, Extraído de: [http://www.aniorte-nic.net/apunt\\_terap\\_famil\\_2.htm](http://www.aniorte-nic.net/apunt_terap_famil_2.htm).
- (Clipartlogo, 2009) Clipartlogo, Pagina web de imágenes, Extraído de: [http://es.clipartlogo.com/image/led-symbol-clip-art\\_458450.html](http://es.clipartlogo.com/image/led-symbol-clip-art_458450.html), 2009.

- (Deternoz & Fernández, 2006) Sistema de gestión y monitoreo del tránsito a través de semáforos inteligentes, Universidad Católica Andrés Bello de Caracas Venezuela, 2006.
- (Distribuidora Trayco, S.A.) Distribuidora Trayco, S.A., Distribución de productos de Alta Tecnología, Extraído de: <http://www.distribuidoratrayco.com/semaacuteforos.html>.
- (EFECTDOSMIL, 2006) Imagen de internet, Que son los condensadores y tipos, Extraído de: <http://www.configurarequipos.com/doc357.html>, 2006
- (Electrocirc, 2013) Electrocirc, Electronica y Circuitos, Pagina web Extraído de: <http://electrocirc.blogspot.pe/p/simulacion-de-arduino-en-proteus.html>, Perú, 2013.
- (Empresa mexicana EYSSA) EYSSA, empresa mexicana. Proveedor de equipos y sistemas, (Extraído de: <http://www.eyssa.com.mx/Semaforos.html>, Mexico.
- (Empresa TYSSA) Empresa TYSSA, desarrollo, integración, comercialización de equipos y sistemas para la ingeniería de tránsito, Extraído de: [http://www.tyssatransito.com/pag\\_424.htm](http://www.tyssatransito.com/pag_424.htm), México).
- (Github, 2016) Github, imagen libre, Estructura interna de Arduino, Pagina Web, Extraído de: <https://github.com/javacasm/ArduinoBasico/blob/master/2%20Ap%C3%A9ndice%20-%20Estructura%20interna%20de%20Arduino.html.md>, 2016.
- (Gómez, 2011) Gómez Carlos, El congestionamiento vehicular en la ciudad de Lima, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, Universidad San Martín de Porras, Perú, 2011.

- (Gutiérrez, 2010) Gutiérrez José, Introducción a la Inteligencia Artificial, Curso del Dpto. de Matemática Aplicada y Ciencias de la Computación en la universidad de Cantabria, España, 2010.
- (HETPRO, 2016) HETPRO, Página de internet, herramientas tecnológicas y profesionales, Sensor de fuerza, Extraído de: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-fuerza-o-presion-mf01/>, 2016.
- (Hidalgo, 2015) Hidalgo, Instituto Nacional De Tecnológicas Educativas Y De Formación Del Profesorado, Plataformas Arduino, España, 2014.
- (Historia de la informática, 2012) Blog Historia de la informática, Universidad politécnica de valencia, españa, 2012.
- (Iborra, 2012) Andrés Iborra García, Microprocesadores, Memorias y Microcontroladores, Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Tecnología Electrónica, España, 2012.
- (I.E.S. Las Sabinas, 2011) I.E.S. Las Sabinas. Departamento de Tecnología. Comunidad Educativa de Blogs. Febrero 2011.
- (Instructables, 2016) Instructables, Pagina Web de tutorials, [www.instructables.com/id/How-to-use-an-LCD-displays-Arduino-Tutorial/?ALLSTEPS](http://www.instructables.com/id/How-to-use-an-LCD-displays-Arduino-Tutorial/?ALLSTEPS), 2016.
- (iotbusinessnews, 2014) IO Tbusiness, Pagina web, Extraído de: <https://iotbusinessnews.com/tag/atmel/>, 2014.
- (López, 2014) López Diana, Diseño de un modelo de monitoreo para mejorar el flujo de tránsito vehicular a través de semáforos inteligentes en la ciudad de Trujillo, Plan de Proyecto de Trabajo de Graduación, Perú, 2014.
- (Martínez, 2016) Proyecto de investigación, universidad católica nuestra de la asunción, Facultad de ciencias y Tecnológicas, Paraguay, 2016).

- (Mendoza & Villacis, 2014) Mendoza Patricio, Villacis Cristhian, Análisis y soluciones al congestionamiento vehicular en horas pico utilizando una aplicación móvil con GPS, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Sistemas con Mención en telemática, Guayaquil, 2014.
- (Mettler Toledo, 2016) Mettler Toledo , Empresa de equipos y soluciones, Página de internet, Modulos de pesaje SWB505 MultiMount multifuncion, Extraído de: [http://www.mt.com/es/es/home/products/Industrial\\_Weighing\\_Solutions/AutomPrecision/load-cell-and-weigh-module/compression/SWB505-multimount.html](http://www.mt.com/es/es/home/products/Industrial_Weighing_Solutions/AutomPrecision/load-cell-and-weigh-module/compression/SWB505-multimount.html), España, 2016.
- (MTC, 2000) Ministerio de transportes y comunicaciones, manual de dispositivos de control de tránsito automotor para calles y carreteras, Perú, 2000.
- (MTC, 2015) Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Perú: Compendio Estadístico 2015, Perú, 2015.
- (PNP, 2015) Policía Nacional del Perú, Dirección Nacional de Gestión Institucional, Anuario Estadístico 2015, Perú, 2015.
- (Pinilla, 2003) Pinilla Carlos, tipos de sensores, Proyecto en teledetección en ingeniería Técnica en Topografía, España, 2003.
- (Pixabay, Página de internet) Pixabay, imágenes gratuitas de alta calidad, Pagina Web, Extraído de: <https://pixabay.com/es/circuitos-electr%C3%B3nica-atmel-950546>.
- (PNSV, 2015) Consejo Nacional de Seguridad Vial, Secretaria Técnica del Consejo Nacional de Seguridad Vial, Plan nacional de Seguridad Vial 2015 – 2054, Perú, 2015.
- (Robotshop, tutorial de internet) Robotshop, tutorial de internet, Extraído de: <http://www.robotshop.com/media/files/PDF/ArduinoMega2560Datasheet.pdf>.

- (Salgueiro, 2005) Fernando Salgueiro, sistemas Inteligentes para el modelado del tutor, Tesis de grado en ingeniería informática de la facultad de ingeniería de la universidad de buenos aires, noviembre, 2005.
- (Salcedo, 2014) Salcedo Perez Andres, Maquinas y Mecanismos, Tipos de resistencias eléctricas, Chile, 2014.
- (Tecnosefarad, 2014) Tecnosefarad, El blog de Tecnología del IES Sefarad (Toledo), Extraído de: <http://www.tecnosefarad.com/2014/03/sensor-de-infrarrojos-cny70-como-entrada-digital/>, 2014.
- (Terrazos & Verastegui, 2014) Terrazos Luigy, Verastegui David, Diseño de un prototipo para un sistema móvil de consulta y registro de documentos de infracciones de tránsito, Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Sistemas, Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 2014.
- (Thomson, 2002) Thomson, causas de la congestión vehicular y estrategias para abatirla. 2002.
- (Torrente, 2013) Óscar Torrente, Curso práctico de formación Arduino, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México, 2013.
- (Ureña, 2011) Ureña Carlos, Lenguajes de Programación, Curso del Departamento de lenguajes y Sistemas Informáticos en la universidad de Granada, España, 2011.
- (Valencia, 2000) Víctor Valencia, Principios Sobre Semáforos, trabajo de investigación en la universidad Nacional de Colombia, Colombia, 2000.
- (Vicente, 2011) Vicente, Programación, Curso de programación en el Instituto tecnológico de Celeya departamento de Ingeniería Química, México, 2011.

- (Villaquiran & Clavijo, 2010) Villaquiran Manuel, Clavijo David, Inteligencia Artificial, curso de introducción a la ingeniería de sistemas en la fundación Universitaria Los Libertadores, Perú, 2010.
- (Unicrom, pagina web) Electrónica Unicrom, Pagina Web, Extraído de: <http://unicrom.com/diodo-led/>, 2016.
- (Universidad de Cádiz, 2011) Comenzando con Arduino, Universidad de Cádiz, Unidad de Innovación Docente, España, 20119.
- (Waelder, 2003) David Waelder Laso, Tecnología LCD, Asignatura de Periféricos, 2003.
- (Wikipedia, 2015) Wikipedia, Enciclopedia de contenido libre, Pagina Web, Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/AVR>, 2016.
- (Wikipedia, 2016) Wikipedia, la enciclopedia libre, Presión, Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>, 2016.
- (Wikipedia, Enero 2016) Wikipedia, la enciclopedia libre, codificador rotatorio, Extraído de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary\\_encoder](https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder), enero 2016.
- (Wikipedia, abril 2016) Wikipedia, Enciclopedia de contenido libre, pagina web, Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Arduino>, abril de 2016.
- (Wikipedia, octubre 2016) Wikipedia, Enciclopedia de contenido libre, arquitectura Harvard, Pagina Web, Extraído de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard\\_architecture#/media/File:Harvard\\_architecture.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Harvard_architecture#/media/File:Harvard_architecture.svg), octubre 2016.
- (Wikipedia, dic 2016) Wikipedia, Enciclopedia de contenido libre, Pagina Web, Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Microcontrolador>, dic 2016.

(Wikipedia, 29 dic 2016)

Wikipedia, Enciclopedia de contenido libre, Pagina Web, Intel 4004, Extraído de: [https://en.wikipedia.org/wiki/Intel\\_4004#/media/File:4004\\_arch.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Intel_4004#/media/File:4004_arch.svg), dic 2016.

(wikiversity, agosto 2015)

wikiversity, plataforma educativa, online, libre y gratuita, Pagina Web, Extraído de: [https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura\\_del\\_microcontrolador](https://es.wikiversity.org/wiki/Estructura_del_microcontrolador), agosto 2015.

(Wikiwand, 2012)

Tutorial de Internet, Smart Transducer, Extraído de: [http://www.wikiwand.com/en/Smart\\_transducer](http://www.wikiwand.com/en/Smart_transducer), 2012

