



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICAS PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**TÍTULO:**

**“Modelado de un Sistema de Semaforización de Bajo Costo, Basado en  
Tecnología LED y Energías Renovables, Utilizando Señales de Sensores  
Digitales y Algoritmos Computacionales para la Gestión de Tráfico  
Vehicular y Peatonal ”**

**AUTOR:**

**GUSTAVO AYALA RADA**

**WILSON CUEVA JARRIN**

**Ingeniero Electrónico En Automatización Y Control**

**TUTOR:**

**ING. EDUARDO MENDOZA**

**Guayaquil, Ecuador  
2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por **GUSTAVO AYALA RADA Y WILSON CUEVA JARRIN**, como requerimiento parcial para la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**.

**TUTOR (A)**

---

**ING. EDUARDO MENDOZA**

**REVISOR(ES)**

---

**ING. LUIS CORDOVA R.**

**DIRECTOR DE LA CARRERA**

---

**ING. ARMANDO HERAS SÁNCHEZ**

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2015**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD  
Yo, GUSTAVO AYALA RADA**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “**Modelado de un Sistema de Semaforización de Bajo Costo, Basado en Tecnología LED y Energías Renovables, Utilizando Señales de Sensores Digitales y Algoritmos Computacionales para la Gestión de Tráfico Vehicular y Peatonal**” previa a la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR (A)**

---

**GUSTAVO AYALA RADA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD  
Yo, WILSON CUEVA JARRIN**

**DECLARO QUE:**

El Trabajo de Titulación “**Modelado de un Sistema de Semaforización de Bajo Costo, Basado en Tecnología LED y Energías Renovables, Utilizando Señales de Sensores Digitales y Algoritmos Computacionales para la Gestión de Tráfico Vehicular y Peatonal**” previa a la obtención del Título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR (A)**

---

**WILSON CUEVA JARRIN**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, GUSTAVO AYALA RADA**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Modelado de un Sistema de Semaforización de Bajo Costo, Basado en Tecnología LED y Energías Renovables, Utilizando Señales de Sensores Digitales y Algoritmos Computacionales para la Gestión de Tráfico Vehicular y Peatonal”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**GUSTAVO AYALA RADA**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, WILSON CUEVA JARRIN**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Modelado de un Sistema de Semaforización de Bajo Costo, Basado en Tecnología LED y Energías Renovables, Utilizando Señales de Sensores Digitales y Algoritmos Computacionales para la Gestión de Tráfico Vehicular y Peatonal”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

**Guayaquil, a los 25 días del mes de Septiembre del año 2015**

**EL AUTOR:**

---

**WILSON CUEVA JARRIN**

## **DEDICATORIA**

*Dedicamos este trabajo a todas las personas que nos han apoyado directa e indirectamente y en especial a nuestros padres, que con su ejemplo de amor y constancia, han influido en nuestras personalidades para poner el entusiasmo, dedicación y esfuerzo, para llegar a la culminación de nuestros logros profesionales.*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darnos vida, fuerza e iluminarnos en cada uno de los pasos emprendidos para culminar nuestra carrera universitaria.

A nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional en todas las metas que nos hemos propuesto y por sus sabios consejos para superar cualquier adversidad que se nos ha presentado en este trayecto.

A nuestro profesor el Ing. Eduardo Mendoza Merchán, que con su experiencia y paciencia no condujo en el desarrollo de nuestro proyecto de tesis, siempre pendiente en cualquier detalle durante la revisión del mismo

A todos nuestros profesores que en el transcurso de nuestra carrera supieron brindarnos sus conocimientos para finalmente ponerlos en práctica en nuestra vida profesional.

A nuestros compañeros por compartir con nosotros alegrías, tristezas, experiencias y oportunidades durante todo nuestro ciclo universitario.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD TECNICA PARA EL DESARROLLO  
INGENIERIA ELECTRONICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

---

**ING. EDUARDO MENDOZA  
PROFESOR GUÍA Ó TUTOR**

---

**PROFESOR DELEGADO**

**CALIFICACIÓN**

## ÍNDICE GENERAL

1. Capítulo 1.....	16
1.1. Antecedentes.....	16
1.2. Alcance del proyecto.....	17
1.3. Planteamiento del problema.....	17
1.4. Objetivo general.....	18
1.5. Objetivo específico.....	18
2. Capítulo 2.....	19
2.1. Estudio del arte.....	19
2.2. Energía solar.....	22
2.2.1. Radiación solar.....	23
2.2.1.1. Tipos de radiación solar.....	24
2.2.2. Conversión fotovoltaica.....	25
2.2.3. Aplicaciones de energía solar.....	26
2.2.3.1. Sistema pico LED light.....	26
2.2.3.2. Sistema de comunicaciones.....	27
2.2.3.3. Iluminación exterior.....	28
2.2.4. Ventajas de la energía solar.....	29
2.2.5. Desventajas de la energía solar.....	29
2.3. Tecnología LED.....	30
2.3.1. Introducción.....	30
2.3.2. Características lumínicas de los dispositivos LEDs.....	31
2.3.3. Ventajas de la tecnología LED.....	32
2.4. Semáforo.....	33
2.4.1. Definición.....	33
2.4.2. Funciones.....	34
2.4.3. Tipos de semáforo.....	34
2.4.4. Funcionamiento.....	35
2.4.5. Vida útil en los semáforos.....	35
2.5. Semáforo inteligente.....	36
2.6. Semáforo con tecnología LED.....	36
2.6.1. Vida útil de los semáforos LED.....	37
2.7. TrafiCam.....	37
2.7.1. Funciones de TrafiCam.....	38
2.7.2. Características de TrafiCam.....	39
2.8. Baterías.....	39
2.8.1. Características principales.....	39
2.8.2. Funcionamiento.....	40
2.9. Sensores.....	41
2.9.1. Sensores de CO <sub>2</sub> .....	41
2.9.1.1. Concentración de CO <sub>2</sub> .....	42
2.9.2. Sensor de Luminiscencia.....	42
2.9.2.1. Principio de funcionamiento.....	43
2.9.3. Sensor de distancia por ultrasonido.....	43
3. Capítulo 3: Diseño de hardware y Software.....	45

3.1. Comunicación de semáforo.....	45
3.2. Sistema de alimentación.....	46
3.3. Estructura del semáforo inteligente.....	47
3.3.1. Poste del semáforo.....	47
3.3.2. Display LED.....	48
3.3.3. Panel solar fotovoltaico.....	49
3.3.3.1. Características.....	50
3.3.4. Baterías Fotovoltaica.....	51
3.4. Diseño de visualización.....	51
3.4.1. Semáforos vehiculares para daltónicos.....	51
3.4.2. Semáforo peatonal.....	53
3.4.3. Sistema de vigilancia.....	55
3.4.3.1. Cámara de video.....	55
3.4.3.2. Funcionamiento.....	55
3.5. Dimensionamiento de semáforo.....	56
3.5.1. Potencia suministrada por el panel solar.....	56
3.5.2. Consumo matrices LEDs.....	57
3.5.2.1. Matriz LED vehicular.....	57
3.5.2.2. Matriz LED peatonal.....	57
3.5.3. Consumo total del semáforo.....	58
3.5.4. Cálculos de corriente del semáforo.....	58
3.5.4.1. Cálculos de corriente continua.....	58
3.5.4.2. Corriente pico del módulo.....	59
3.5.4.3. Dimensiones del módulo fotovoltaico.....	61
3.5.4.4. Banco de baterías.....	62
4. Capítulos 4: Análisis y Pruebas.....	64
4.1. Diagrama esquemático del semáforo inteligente.....	64
4.2. Diagrama de flujo del funcionamiento del semáforo.....	66
4.3. Planos de distribución del proyecto.....	72
4.4. Costo de implementación de un semáforo.....	76
4.4.1. Costo semáforos actuales.....	76
4.4.2. Costo modelo semáforo inteligente.....	77
4.5. Consumo energético de semáforos.....	77
4.5.1. Consumo energético de semáforos actuales.....	77
4.5.2. Consumo energético de semáforo inteligente.....	79
4.6. Diseño de semáforo inteligente.....	79
5. Capítulo 5: Resultados y Discusiones.....	84
5.1. Resultados.....	84
5.2. Conclusiones.....	85
5.3. Recomendaciones.....	86
Bibliografía.....	88
Anexos.....	91

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Figura 2.1	Radiación solar.....	23
Figura 2.2	Mapa Atlas del Ecuador.....	25
Figura 2.3	Paneles solares Fotovoltaicos. ....	26
Figura 2.4	Iluminación LED.....	27
Figura 2.5	Sistema de Comunicación.....	28
Figura 2.6	Iluminación Pública.....	29
Figura 2.7	Semáforo.....	35
Figura 2.8	Visualización de TráficoCam.....	37
Figura 2.9	Mantenimiento de baterías.....	40
Figura 2.10	Capas de batería solar.....	41
Figura 2.11	Niveles de CO2.....	42
Figura 2.12	Funcionamiento sensor ultrasonido.....	44
Figura 2.13	Formula de distancia.....	44
Figura 3.1	Comunicación de semáforos.....	46
Figura 3.2	Alimentación energética.....	47
Figura 3.3	Matriz LED.....	48
Figura 3.4	Panel solar fotovoltaico.....	50
Figura 3.5	Batería fotovoltaica.....	51
Figura 3.6	Luz roja.....	52
Figura 3.7	luz amarilla.....	52
Figura 3.8	Luz verde.....	53
Figura 3.9	Luz alto.....	54
Figura 3.10	Luz paso peatones.....	54
Figura 3.11	Temporizador peatones.....	54
Figura 3.12	Visualización TráficoCam.....	55
Figura 4.1	Diagrama esquemático.....	66
Figura 4.2.	Intersección basada en el diagrama de flujo.....	67
Figura 4.3	Ubicación de Intersecciones en proyecto.....	72
Figura 4.4	Información de tráfico.....	73
Figura 4.5	Intersección 1.....	73
Figura 4.6	Intersección 2.....	74
Figura 4.7	Intersección 3.....	74
Figura 4.8	Intersección 4.....	75
Figura 4.9	Intersección 5.....	75
Figura 4.10	Intersección 6.....	76
Figura 4.11	Fachada lateral del semáforo.....	81
Figura 4.12	Fachada frontal del semáforo.....	81
Figura 4.13	Perspectiva del semáforo.....	82
Figura 4.14	Simbología del semáforo.....	82
Figura 4.15	Vista final del semáforo.....	83
Figura 4.16	Vista superior final del semáforo.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1	Potencia suministrada por el Panel solar.....	56
Tabla 3.2	Consumo de semáforo Vehicular.....	57
Tabla 3.3	Consumo de semáforo Peatonal.....	57
Tabla 3.4	Consumo de semáforo.....	58
Tabla 3.5	Consumo de Potencia.....	59
Tabla 3.6	Resumen de cálculos dimensionamiento.....	64
Tabla 4.1	Costos modelo de semáforo.....	77
Tabla 4.2	Consumo energético semáforo electrónico.....	78
Tabla 4.3	Consumo energético basado en un PLC siemens.....	78
Tabla 4.4	Consumo energético de semáforo inteligente.....	79

## RESUMEN

La ciudad de Guayaquil en la actualidad está experimentando un cambio en la administración de la competencia del tránsito por lo que hay ciertos inconvenientes en la compatibilidad del sistema de semaforización, adicional a esto el sistema de semaforización de la ciudad no es fácil de controlar y cada vez que experimentan problemas con el alumbrado público

Estos pueden de sincronizarse y alteran su funcionamiento causado problemas en el tránsito y generando mayor costos para la administradora del tránsito enviando agentes a los distintos puntos.

Como objetivo se planteó diseñar un semáforo inteligente que funcione con energías renovables así será amigable con el medio ambiente y podrá reducir costos y los inconvenientes que pueda haber con el alumbrado público.

El semáforo inteligente pudo hacer cambios de luz mediante sus sensores de ultrasonido, de la cámara o cuando detecto presencia de peatones o de vehículos.

Con el sistema de alimentación por energía solar se logró, un ahorro significativo para la ciudad, debido al bajo consumo que el semáforo puede llegar a generar.

## ABSTRACT

Guayaquil currently experiencing a change in the administration of the competence of traffic, so there are some drawbacks to the compatibility of the traffic lights, in addition to this the traffic light system of the city is not easy to control, and when you experience problems with street lighting and these can desynchronize causing problems in traffic and generating more costs for administering the transit sent agents to various locations.

As first objective is to design an intelligent traffic light that works with renewable energy and this will be friendly to the environment and can reduce costs and inconveniences that may have with the public lighting.

Intelligent traffic lights could make changes in light through its ultrasonic sensors, camera or when detect the presence of pedestrians or vehicles.

With the system of solar power was achieved, a significant savings for the city, due to the large consumption for the light can generate.

## **CAPITULO 1: Generalidades**

### **1.1. Antecedentes**

En la última década las ciudades más modernas del mundo han venido modernizando y actualizando su sistema de semaforización, dando fluidez al tráfico, evitando embotellamientos y reduciendo las emisiones de CO2 por parte del parque automotor.

El sistema de semaforización que posee la ciudad de Guayaquil, es muy antiguo, lo que trae como consecuencia un deficiente control del tráfico vehicular y un uso innecesario de recursos.

Jaime Velázquez, director ejecutivo de la CTG, cree que para el 2011 todos los semáforos de Guayaquil serán LED, lo que le permitirá culminar la primera etapa del plan de modernización, que también incluye el cambio de los controladores de tráfico, que coordinan los ciclos y el tiempo de cambio de luces de los semáforos. En Guayaquil existen 275, de los cuales ya han sido reemplazados 128 y hasta fin de año se prevé cambiar 22 más. (El Universo, 2010)

Debido a esta antigua infraestructura de semaforización instalada actualmente en toda la ciudad de Guayaquil. Se propone como plan piloto la implementación de un sistema de semáforos modernos, de bajo costo y que funcione con energías renovables y limpias, en varias de las principales avenidas de la ciudad de Guayaquil.

## **1.2. Alcance del proyecto**

Este proyecto tiene como alcance hacer un modelado de un sistema inteligente de semaforización, con el uso de microcontroladores, para la ciudad de Guayaquil en la avenida Juan Tanca Marengo a la altura de centro comercial Mall del Sol.

## **1.3. Planteamiento del problema**

El Municipio de Guayaquil, a través de la Agencia de Tránsito Municipal (ATM) y la concesionaria SGS, comienza la revisión técnica vehicular de los 350.000 vehículos del parque automotor del cantón Guayaquil el martes 1 de julio del 2014 en los tres centros que operan en la ciudad.

Así, las dependencias del norte que están ubicadas al pie de la autopista Terminal Terrestre-Pascuales tienen 16 líneas (puestos de pruebas mecánicas) para atender vehículos livianos; el centro de revisión del km 10 de la vía a Daule posee 7 líneas: tres de vehículos pesados y 4 de livianos. En total son 27 andenes con tecnología de punta, donde el usuario será atendido. (M.I Municipalidad de Guayaquil, 2014)

Este congestionamiento, causa a su vez, ciertos efectos que afectan la calidad de vida de los habitantes, como la contaminación ambiental y auditiva, mayor cantidad de accidentes de tránsito, y un progresivo aumento del nivel de stress en los ciudadanos en general. Esto explica el porqué los municipios inviertan cada vez más proporción de su presupuesto en acciones para disminuir el tráfico.

#### **1.4. Objetivo general**

- Estudiar un sistema de semaforización moderno a través del modelado de un semáforo inteligente, que permita mejorar la fluidez en el tráfico, reducir los costos de consumo de energía, y que sea amigable con el medio ambiente.

#### **1.5. Objetivos específicos**

- Elaborar un modelo de semáforo inteligente, que permita analizar el nivel de luminosidad, sea fácil para sincronizar, con un bajo consumo de energía y una estructura que permita prolongar su vida útil.
- Diseñar un sistema de alimentación inteligente para semáforos, que funcionen alternativamente con energía solar y la red de energía pública, que asegure el funcionamiento continuo del dispositivo, y sea amigable con el medio ambiente.
- Analizar los requerimiento de semaforización de una avenida y sus intersecciones de la ciudad de Guayaquil, utilizando planos del sector que permitan simular el desempeño del semáforo inteligente

## **CAPÍTULO 2: Marco Teórico**

### **2.1. Estudio del Arte**

En los párrafos a continuación se hará un resumen de la situación actual de los semáforos y lo que le concierne, para luego poder empezar a recabar la información y lograr los objetivos.

En el trabajo titulado “Estimación de Costos Operacionales Producto de Eventos de Falla en una Red de Semáforos: Aplicación Caso La Serena y Coquimbo”

La coordinación de las intersecciones de un itinerario consiste en programar el encendido de las luces de los semáforos de tal forma que los vehículos puedan atravesar la vía de un extremo a otro, a una velocidad constante y sin detenerse. Pavez Andonaegui, C. A. (2007).

En el trabajo titulado “Servicios en Internet para monitoreo y control a distancia utilizando EDGE/GPRS-GSM”.

El diseño de un modelo de tráfico vehicular, el cual examina el tráfico existente en una vía a través de una serie de semáforos. A partir de este modelo se sincronizan los tiempos de duración y de desfase de los semáforos, utilizando para ello el Sistema de

Inferencia Difusa Basado en Redes Adaptativas (ANFIS). Lizárraga, M., Gallina, S., & Zamboni, M. (2008).

En el trabajo titulado “Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo centralizado de flujo vehicular y peatonal”

Con la construcción de una maqueta de semáforos inteligentes se busca realizar una simulación que permita observar los beneficios que genera el sistema en cuanto a movilidad vehicular en el centro de la ciudad, en el presente proyecto se aplicó el uso de microcontroladores ATMEGAS los mismos que son los encargados de operar el sistema de forma correcta. Almeida Garzón, J. N., & Mafla Legarda, S. F. (2008).

En el trabajo titulado “Control de tráfico vehicular usando ANFIS”

El crecimiento acelerado del parque automotor en nuestro país ha impulsado el desarrollo de métodos y procedimiento que permitan establecer el equilibrio entre el desarrollo tecnológico, la comodidad de los usuarios de las vías y el medio ambiente. Pedraza, L. F., Hernández, C. A., & López, D. A. (2012).

En el trabajo titulado “Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema Inteligente de Semafización”

Se presenta un estudio sobre el despliegue de un servicio de monitoreo y control a distancia de parámetros utilizando móviles

EDGE/GPRS dispuestos geográficamente dentro del área de cobertura de esta red pública. Caiza Oña, D. W. (2013).

En el trabajo titulado “Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y wireless CPU sobre una plataforma open-soft (Linux)”

Un semáforo inteligente usando GSM/GPRS y WIRELESS CPU como tecnologías de comunicación, y basado en OPEN-SOFT(Linux), que permita tener gestión y monitoreo sobre el semáforo inteligente para lo cual se realiza un estudio del flujo vehicular en una intersección de alto congestionamiento. Reinoso García, A. R., & Tocaín Villarruel, C. A. (2009).

En el trabajo titulado “Métodos geométricos de coordinación de intersecciones reguladas por semáforos”

El sistema de regulación de redes urbanas está basado principalmente en la operación de semáforos, los cuales pueden fallar alterando la configuración original de operación. Las fallas son inevitables en el sistema, éstas repercuten en el funcionamiento general del semáforo y las programaciones. Díaz Ivorra, M. D. C., Díaz Ivorra, J. F., Ferreiro Prieto, J. I., Pérez Carrión, M. T., Serrano Cardona, M. G., Tomás Jover, R., ... & Sentana Cremades, E. (2002). Métodos geométricos de coordinación de intersecciones reguladas por semáforos.

En el trabajo titulado “Solmáforo (Semáforo Solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito”

En la actualidad las nuevas investigaciones de energías renovables, las personas están tratando de ser más independientes en el uso de combustibles fósiles. La mayor ventaja de este tipo de dispositivos es que pueden ser colocados en cualquier lugar que haya suficiente radiación solar. Lema Puruncaja, C. E., & Zuleta Mediavilla, D. P. (2015).

En el trabajo titulado “Paneles solares para iluminacion”

Se realizó un análisis estadístico sobre 7 años de datos proporcionados por la (Red Metropolitana de Monitoreo Atmosférico de Quito) REMMAQ. Con los datos logrados se genera un modelo espacial sobre ARCGIS que permite conocer los niveles de alerta a nivel geográfico en la ciudad. Torres Vargas, A. G., & Orellana Escalante, L. E. (2014).

## **2.2. Energía Solar**

La energía solar es la que llega a la tierra en forma de radiación electromagnética (luz, calor y rayos ultravioleta) procedentes del sol.

### **2.2.1. Radiación solar**

El sol se encuentra a una temperatura media de 5.500 °C, en cuyo interior tiene lugar una serie de reacciones que producen una pérdida

de masa que se transforma en energía. Esta energía liberada del sol se transmite al exterior mediante la denominada radiación solar.

La radiación en el sol es  $63,450,720 \text{ W/m}^2$ . El sol irradia en todas las direcciones, se construye una esfera que llegue hasta la atmósfera terrestre, es decir, que tenga un radio de la distancia de 149.6 millones de km podremos determinar cuál es la radiación en este punto. La constante solar es conocida con un valor de  $1,353 \text{ W/m}^2$ , variable durante el año un  $\pm 3\%$  a causa de la elipticidad de la órbita terrestre.

Méndez, J., & Cuervo, R. (2008).

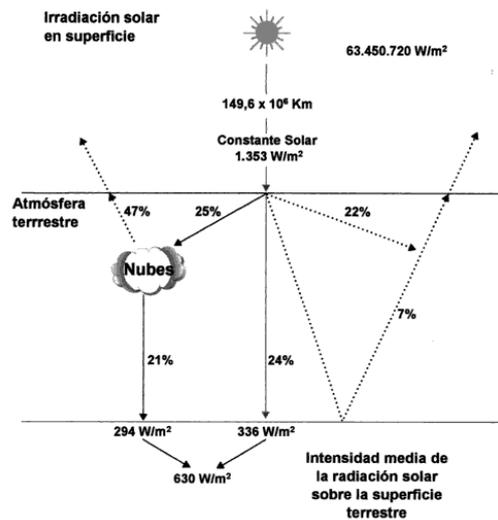


Figura 2.1. Radiación Solar

Fuente: Méndez, J., & Cuervo, R. (2008).

A la tierra solo llega aproximadamente  $1/3$  de la energía total interceptada por la atmosfera, de ella el  $70\%$  cae en el mar. Aun así, es miles de veces el consumo energético mundial.

### **2.2.1.1. Tipos de radiación solar**

En función de cómo inciden los rayos en la tierra se distinguen tres componentes de la radiación solar:

- Directa: Es la recibida desde el sol sin que se desvíe en su paso por la atmósfera.
- Difusa: Es la que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión en la atmósfera.
- Albedo: Es la radiación directa y difusa que se recibe por reflexión en el suelo u otras superficies próximas.

Aunque las tres compontes están presentes en la radiación total que recibe la Tierra, la radiación directa es la más importante en las aplicaciones fotovoltaicas. Méndez, J., & Cuervo, R. (2008).

La intensidad de energía disponible en un punto determinado de la tierra depende de algunos factores:

- Día
- Año
- La hora
- Altitud

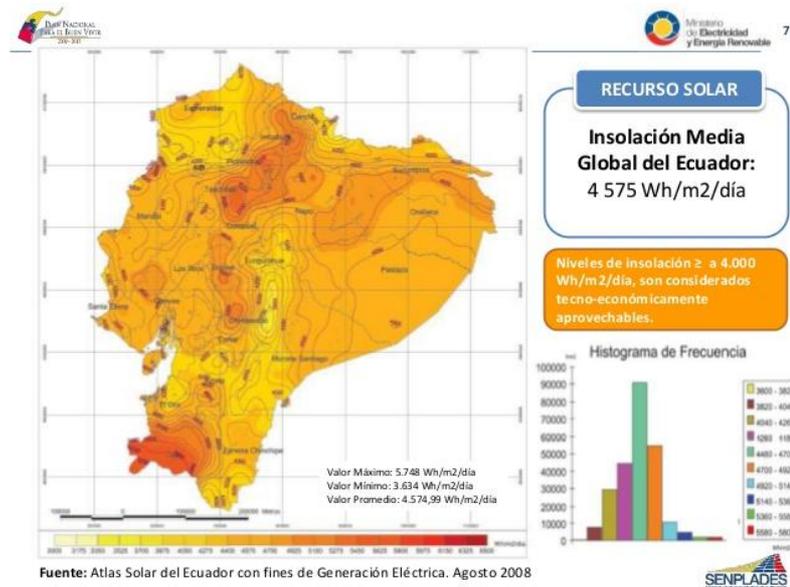


Figura 2.2. Mapa Atlas del Ecuador

Fuente: Conelec (2008)

En la actualidad es una de las energías renovables más desarrolladas y usadas en todo el mundo, el aprovechamiento de la energía solar se puede realizar de dos formas:

- Conversión fotovoltaica
- Conversión térmica

### 2.2.1.2. Conversión fotovoltaica

Este consiste en la transformación directa de la energía luminosa en energía eléctrica. Se utiliza para ellos unas placas solares formadas por células fotovoltaicas de silicio o de germanio.



Figura 2.3. Paneles solares Fotovoltaicos.

Fuente: Atersa (2015)

## **2.2.2. Aplicaciones de energía solar**

### **2.2.2.1. Sistema pico LED light**

Esta aplicación es la más eficiente en el mercado, y está desarrollada especialmente para dotar de iluminación y consumos menores como cargas de celulares o radios de entre 4.5V(dc) y 5.5V(dc).

Sistemas básicos para usos domésticos que utilizan luminarias pico light y un panel solar fotovoltaico pequeño. Esta aplicación es totalmente de corriente directa, que no requiere de otros equipos como reguladores y baterías, ya que estos elementos están incorporados dentro de la luminaria Pico LED light. (Renovaenergia, 2015).



Figura 2.4. Iluminación LED  
Fuente: Renovaenergia (2015)

### 2.2.2.2. Sistemas de comunicaciones

Esta aplicación incorpora como equipos básicos: paneles solares fotovoltaicos, reguladores, interfaces RS232, baterías, inversores, cargadores de baterías, y equipos de transferencia automáticas.

Sistemas básicos para uso profesional para sistemas de transmisión, repetición y transferencia de datos, que utilizan equipos de comunicaciones diseñados para sistemas solares. Estos sistemas operan en 12, 24 o 48 Vdc. (Renovaenergia, 2015)



Figura 2.5. Sistema de comunicación  
Fuente: Renovaenergia, (2015)

### 2.2.2.3. Iluminación exterior

Esta es una aplicación utilizada para iluminar espacios públicos, parques, calles, monumentos, señalización para vehículos, para trabajos de construcción en la vía, patios de casas, etc. Para lograr buena calidad de luz con bajo consumo se incorpora la tecnología LED. (Renovaenergia, 2015)



Figura 2.6 Iluminación pública  
Fuente: Labtron, (2014)

### **2.2.3. Ventajas de la energía solar**

- Esta energía no contamina.
- Fuente inagotable.
- Idóneo para zonas donde el tendido eléctrico no llega (zonas rurales, montañosas, islas).
- La energía solar fotovoltaica no requiere ocupar ningún espacio adicional.

### **2.2.4. Desventajas**

- El nivel de radiación de esta energía fluctúa de una zona a otra y dependiendo de la estación del clima.
- Actualmente requiere una fuerte inversión económica.
- Cuando se usa la energía solar en partes importantes de población se necesitan grandes extensiones de terrenos para los paneles.

## **2.3. Tecnología LED**

### **2.3.1. Introducción**

La iluminación es un fenómeno que, por cotidiano, pasa para la mayoría de las personas casi desapercibido. Sin embargo, es difícil concebir nuestra vida y nuestra sociedad sin equipos que pongan luz sobre nuestro entorno.

Este servicio se percibe como un elemento fundamental, que miden el estado y el modo de funcionamiento en la sociedad, como la economía, el modelo energético e incluso el estado de bienestar de sus habitantes.

En estos últimos años se está introduciendo una tecnología dentro de los dispositivos de iluminación que está generando grandes expectativas en cuanto a las prestaciones que ofrecen las nuevas lámparas basados en diodos emisores de luz (LEDs).

La introducción de un nuevo modelo de iluminación solo se puede justificar si nos deben permitir obtener, al menos, los mismos valores de iluminación con un menor costo económico. Este punto se vuelve aún más importante si tenemos en cuenta que vivimos en una época en la que el aumento del coste de la energía y la conciencia ecológica de la sociedad, facilitan la implantación de la iluminación LED.

### **2.3.2. Características lumínicas de los dispositivos LEDs**

Las características que más rápido se asocian a los leds son los valores altos de eficiencia energética y de vida útil, mientras que desde el punto de vista comercial a la hora de seleccionar un equipo de iluminación los parámetros más analizados son el precio de compra y los costos de operación.

Los LEDs son elementos semiconductores, mientras que las lámparas de incandescencia, los fluorescentes y las lámparas de descarga están basadas en un cerramiento de cristal relleno de gases que incluyen filamentos, electrodos y/o recubrimientos con propiedades lumínicas.

La emisión de luz en estado sólido, como también se denomina genéricamente a la iluminación LED, parte de un pequeño cristal de silicio, de tamaño muy reducido que ronda el milímetro cuadrado.

El dispositivo que resulta de unir todos estos componentes son dispositivos que pueden producir cada uno de ellos una luz por encima del centenar de lúmenes, que pueden ser utilizados y alimentados de manera individual o en grupos o matrices y acoplados a lámparas. (Gago, A., Calderón, A. G., & Fraile, J. 2012).

De manera más específica los puntos fuertes diferenciales de la tecnología LED son:

- Direccionalidad de la emisión de luz: Enfoque de la luz donde se la necesita.

- Tamaño: Se suelen valorar mucho los equipos compactos y de bajo perfil.
- Resistencia a la rotura: Equipos que no incluyan materiales frágiles.
- Temperatura de trabajo: De manera que no interfieran en la temperatura ambiente de la sala.
- Encendido inmediato: Sin tiempo de Calentamientos.
- Evitar emisiones no visibles IR y UV.
- Amplio espectro de temperaturas de color.

### **2.3.3. Ventajas de la tecnología LED**

- Larga vida útil. Los diodos LEDs son diodos que emiten luz cuando la corriente pasa a través de los semiconductores. Se necesita un driver o fuente de alimentación para aportar con precisión la corriente que pasa a través del LED. Por otra parte para asegurar su larga vida es muy importante el correcto estudio y diseño de la disipación del calor producido por el diodo dentro de la luminaria, contar con un buen disipador garantiza 50 mil horas de vida. (Illuminet, 2011).
- Menor mantenimiento comparado con las fuentes de luz convencionales, la tecnología LED no se funde, sino que sufre una degradación del flujo luminoso. Se considera que la vida útil del

LED termina en el momento que se reduce su luminosidad más de un 70% de su valor inicial. (Iluminet, 2011).

- Alta eficiencia energética, debido a la extraordinaria y continuada evolución de los LEDs hacia la eficiencia energética, no se puede comparar el rendimiento luminoso del LED con su consumo, su eficiencia no se mide en watts, sino con los cálculos de lúmenes por watt o lúmenes per LED. (Iluminet, 2011).
- Encendido instantáneo, el LED tiene el encendido más rápido comparado con fuente de luz convencionales. Siendo otra de las características de los LEDs que su vida no se reduce por las repetidas acciones de encendido o apagado. (Iluminet, 2011).
- Luz directa, la luz LED es totalmente direccional, por lo que no existen pérdidas lumínicas por reflexión. Esto contribuye notablemente a aumentar la eficiencia y rentabilidad de las luminarias. (Iluminet, 2011).

## **2.4. Semáforo**

### **2.4.1. Definición**

Los semáforos son dispositivos de señalización mediante los cuales se regula la circulación de vehículos y peatones en las vías, asignando el derecho de paso de los vehículos y peatones secuencialmente, por la indicaciones de luces de color rojo, amarillo y verdes.

El semáforo ejerce gran influencia sobre el flujo de tránsito. Por lo tanto es de vital importancia que la selección del punto de instalación del control semafórico, sea precedida de un estudio puntual y zonal de las condiciones de tránsito. (Alcaldía de Barranquilla, 2014)

#### **2.4.2. Funciones**

- Interrumpir periódicamente el tránsito de una corriente vehicular o peatonal para permitir el paso de otra corriente vehicular.
- Regular la velocidad de los vehículos para mantener la circulación continua a una velocidad constante.
- Controlar la circulación por carriles.
- Eliminar o reducir el número de algunos tipos de accidentes.

#### **2.4.3. Tipos de semáforos**

- Vehicular: Tiene por objeto controlar y regular el tránsito de vehículos en las intersecciones, está compuesto por tres luces: Rojo, Amarillo, y Verde.
- Direccionales: informa el momento adecuado para realizar el giro, a la derecha o a la izquierda, constan de flechas de tres luces: Roja, Amarilla, y Verde.
- Peatonal: tienen por objeto controlar y regular el paso de peatones, está compuesto por dos luces: Roja, y Verde.

Semáforo Intermitente: Es aquel de color amarillos o rojo que se ilumina de forma intermitente, y que se encuentra o se activan en

horas que el tránsito ha disminuido o necesita llamar la atención de los conductores en ciertos sitios en los que exista peligro. (Alcaldía de Barranquilla, 2014)

#### 2.4.4. Funcionamiento

- Rojo: Detención del tránsito vehicular
- Amarillo: Prevención para el cambio de luz en el semáforo.
- Verde: Libre tránsito vehicular en el sentido de la vía.

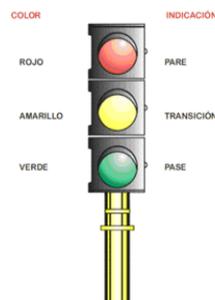


Figura 2.7 Semáforo

Fuente: Dikkat, (2014)

#### 2.4.5. Vida útil de luces en los semáforos

Las luces de los semáforos tienen un promedio de vida útil de 7000 horas, esto quiere decir que las luces se tendría que cambiar cada 9 meses si se usan en un 100% al día, debido a que las luces no están prendidas las tres al mismo tiempo ni las 24 horas al día, estas luces podrían durar un promedio de 12 meses. (Dikkat, 2014)

## **2.5. Semáforo inteligente**

Un semáforo inteligente es aquel que es capaz de realizar una acción de acuerdo a lo que está ocurriendo en el momento y salirse de su programación.

Los semáforos inteligentes disponen de cámaras de video que envían imágenes al centro de control de tráfico para poder así gestionar los atascos o cambien su frecuencia automáticamente para optimizar el tránsito vehicular, también pueden disponer de un receptor GPS. (Dikkat, 2014)

## **2.6. Semáforos con tecnología LED**

Los semáforos han ido evolucionando con el paso del tiempo y en la actualidad, se está utilizando la tecnología LED para sus lámparas, debido a que las lámparas LED utilizan solo el 10% de la energía consumida por las lámpara incandescente, y su vida útil es aproximadamente 10 veces superior, por lo tanto generan importantes ahorros de energía y mantenimiento. (dikkat, 2014)

Entre las mayores ventajas que tienen las señales luminosas con LED son:

- Bajo consumo en energía
- Mayor vida útil
- Simple recambio
- Luminosidad uniforme

### **2.6.1. Vida útil de los semáforos LED**

La vida útil de los LED es aproximadamente de 80000 horas, debido a que los semáforos LED es un conjunto de puntos luminosos, estos no se queman al mismo tiempo estos pueden hacer que el semáforo LED dure más de 10 años. (Dikkat, 2014)

### **2.7. TrafiCam**

Es una cámara de video con sensor para la detección de la presencia de vehículos en o cerca de las intersecciones señalizadas, está detecta tanto vehículos detenidos como en movimiento.

Es una cámara con un bastidor compacto y estético integrada de una cámara CMOS y un detector. (TrafiCam, 2015)

Los sensores TrafiCam se utilizan para hacer más dinámicas las operaciones de los controladores de semáforos.

Los bucles virtuales TrafiCam en la superficie de la carretera detectan la presencia de vehículos. Una salida se cierra cuando un vehículos se encuentra en un determinada zona de detección, mientras no hay ningún vehículo esta está abierta. (TrafiCam, 2015)

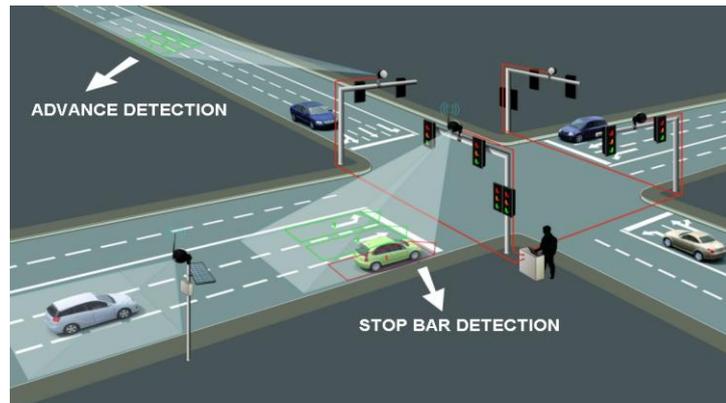


Figura 2.8: Visualización de TráficoCam  
Fuente: TráficoCam, (20150)

### 2.7.1. Función de TráficoCam

- Verde contra pedido
  - No hay vehículo = no hay luz verde.
  - Vehículo = Luz verde.
- Periodo de luz verde
  - No hay vehículo cuando finaliza el periodo de luz verde = la luz verde puede cambiar a amarilla.
  - Hay vehículos cuando finaliza el periodo de luz verde = retrasar la luz amarilla (hasta que no haya vehículos por algunos segundos o hasta que haya agotado el tiempo máximo de retraso).
- Combinación
  - No hay vehículo = no hay luz verde.
  - Vehículo = luz verde por un mínimo de 5s.
  - No hay vehículo durante 3s = luz verde cambia a amarilla.

### **2.7.2. Características de TrafiCam**

Configuración a través de programas de software específicos en ordenadores portátiles mediante conectividad USB, genera imágenes JPEG para posicionamiento de zona y verificación.

Tiene 8 zonas de detección de presencia de vehículos sensible a la dirección y hasta 4 salidas con funciones lógicas de “y” “o”.  
(TrafiCam, 2015)

## **2.8. Baterías**

Las baterías son necesarias en los sistemas de energías renovables, ya que estas son las que guardan la energía en caso de que los distintos sistemas de energía no estén al alcance, y el sistema de energía renovable este en autonomía, por ejemplo en un sistema de energía solar, no haya sol o durante la noche el sistema pueda funcionar con normalidad.

### **2.8.1. Características principales:**

**Voltaje:** Este es el que indica cuánto voltaje proporciona la batería y a cuánto puede funcionar el sistema de energía renovable.

**Amperaje:** Este es el que indica cuánto corriente el sistema va a consumir, mientras más corriente consume el consumo de la batería será mayor y durará menos tiempo. (Autosolar, 2015)

La capacidad de una batería se mide en amperios por hora, esta es la cantidad de energía que esta es capaz de almacenar. La capacidad de la batería siempre tiene que ir indicado en el exterior de la batería.

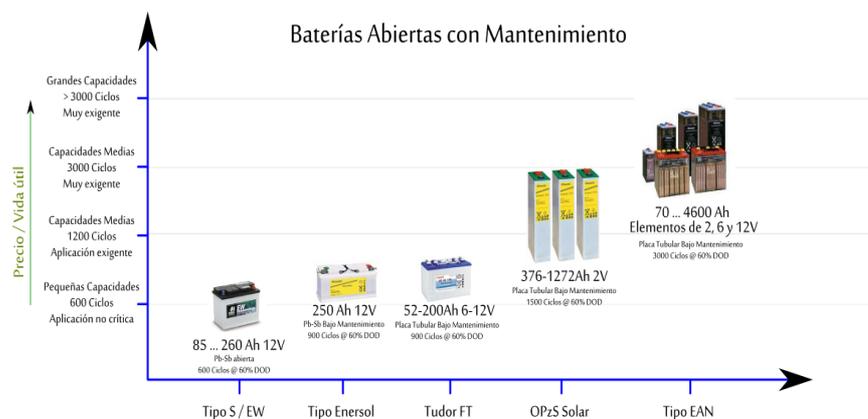


Figura 2.9. Mantenimiento de baterías.

Fuente: Autosolar, (2015)

### 2.8.2. Funcionamiento

La batería permite almacenar la energía de los paneles solares, los sistemas de energía renovables generan energía de corriente continua.

El ciclo de una batería es un secuencia de carga y descarga, es habitual que en las características técnicas de la batería aparezcan los ciclos que dicha batería es capaz de hacer.

La tasa de descarga de una batería hace referencia al periodo en que la Batería es capaz de descargarse, por ejemplo, para una Batería 24V 260Ah valorada en C/20, la descarga se produjo pasadas las 20 horas. una Batería 24V 250Ah de 250 Ah/20, se descargara durante 20 horas a 11 Amperios constantes.

La vida de una Batería 24V va directamente relacionada con la profundidad de la descarga, a medida que una Batería 24V soporta mayor profundidad de descarga se incrementa el precio de la misma.

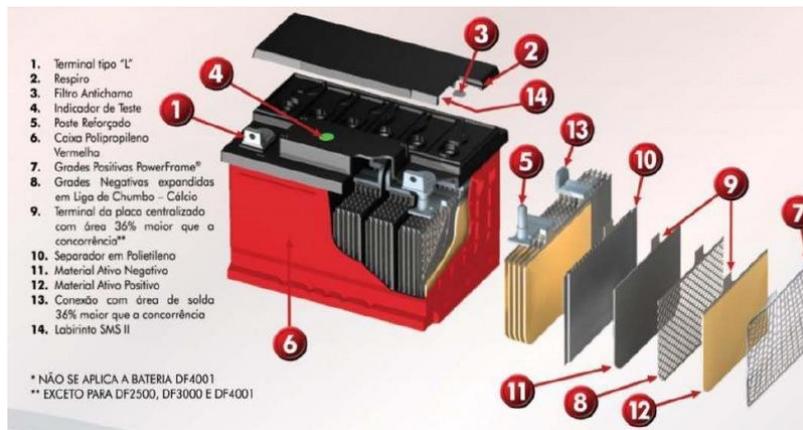


Figura 2.10. Capas de la Batería Solar

Fuente: Autosolar, (2015)

## 2.9. Sensores

### 2.9.1. Sensor de CO<sub>2</sub>

Durante el proceso de respiración humana, en la inhalación y exhalación, se libera el CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) y el aire, en un lugar cerrado empieza a contaminarse. A parte de las partículas de polvo y sustancias químicas, el parámetro principal para medir la calidad del aire en interiores es el valor de concentración de CO<sub>2</sub> (gas incoloro e inodoro).

En cualquier lugar donde exista un proceso de combustión o proceso metabólico de organismos vivos, se encuentran diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub>. En un lugar cerrado, con varias personas y sin la ventilación apropiada, se puede apreciar fácilmente una alta concentración de CO<sub>2</sub>.

Si el nivel de CO<sub>2</sub> en un recinto es elevado, esto significa que no entra la cantidad de aire fresco suficiente, causando como consecuencia dolores de cabeza, somnolencia, sequedad e irritación de los ojos, nariz, garganta y piel, fatiga, hipersensibilidad, alergias, pérdida de concentración, y una sensación incómoda a causa de la combinación del aumento de nivel de CO<sub>2</sub>, conjuntamente con la presencia de otros agentes contaminantes.

### 2.9.1.1. Concentración de CO<sub>2</sub>

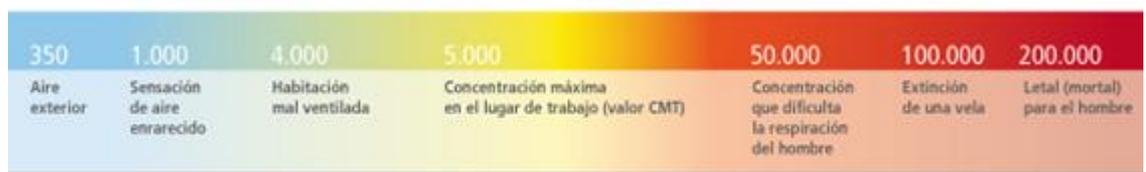


Figura 2.11. Niveles CO<sub>2</sub>

Concentración típica de CO<sub>2</sub> (en ppm) y sus efectos en las personas.

### 2.9.2. Sensor de Luminiscencia

Un sensor de luz detecta la iluminancia. Miden la cantidad de luz que llega a una célula foto-eléctrica (básicamente una resistencia). La resistencia es baja con luz y alta con oscuridad. Su colocación influye, es decir, un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor. (Arroyave, Ospina, 2012).

### **2.9.2.1. Principio De Funcionamiento**

Está basado en la generación de un haz luminoso por parte de un foto emisor, que se proyecta bien sobre un foto receptor, o bien sobre un dispositivo reflectante. La interrupción o reflexión del haz por parte del objeto a detectar, provoca el cambio de estado de la salida de la fotocélula existen cuatro tipos de sensores fotoeléctricos los cuales se agrupan según el tipo de detección.

### **2.9.3. Sensor de distancia por Ultrasonido**

Los ultrasonidos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Ésta comienza desde unos 16 Hz y tiene un límite superior de aproximadamente 20 KHz, mientras que nosotros vamos a utilizar sonido con una frecuencia de 40 KHz. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos. (Creus A, 2010)

El funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia se muestra de una manera muy clara en el siguiente esquema, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos:

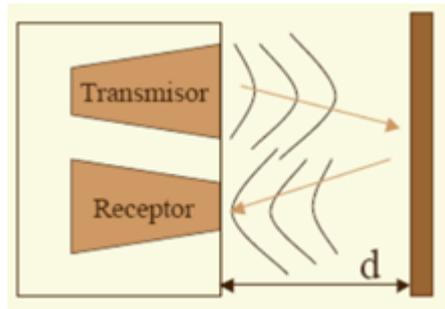


Figura 2.12. Funcionamiento sensor ultrasonido

La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo coste se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora, mediante la fórmula:

$$d = \frac{1}{2} V \cdot t$$

Figura 2.13. Formula de distancia

donde V es la velocidad del sonido en el aire y t es el tiempo transcurrido entre la emisión y recepción del pulso.

## **CAPITULO 3: Diseño de Hardware y Software**

En este capítulo se hablará acerca de todos los equipos que van a ser usados en el modelo del semáforo inteligente. Estos serán explicados como va a ser su funcionamiento y la razón por la que se decidió usar esos dispositivos.

### **3.2. Comunicación de semáforos**

El desarrollo de un prototipo de semáforo inteligente, posee como protocolo de comunicación TCP/IP, para monitorear y controlar remotamente el funcionamiento de las luces de los semáforos.

En la actualidad en Guayaquil existen semáforos de tarjetas electrónicas con protocolos Bus-Can y TCP/IP; otros están basados en PLCs y se comunican por protocolos Profinet y Profibus. Uno de los mayores problemas que existen es que no son compatibles todos. Es por esto que todos los equipos deberán comunicarse por una red estándar fácil de converger distintas tecnologías, que en la actualidad sea el de mayor uso, y cuyos algoritmos de reducción de tráfico se pueden realizar remotamente.

La tarjeta principal de control posee una interfaz Ethernet a través de un Lantronix, el cual se comunica mediante el microcontrolador, recibiendo tramas provenientes de la central de monitoreo, y a la vez transmitiendo los reportes de cambio de luces, consumo energético del semáforo inteligente, y niveles de CO<sub>2</sub> en el ambiente.

El diagrama de conexiones para la comunicación de las intersecciones es el siguiente:

- La comunicación entre todos los semáforos se realizará mediante Ethernet, el cual permite visualizar el estado del semáforo y controlarlo de forma remota desde la central de monitoreo.
- El servidor web contiene equipos de almacenamiento (base de datos), el cual ayudará a revisar todos los estados de los semáforos, la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub>, el consumo eléctrico de cada semáforo y las grabaciones de las cámaras. El siguiente diagrama muestra las conexiones.

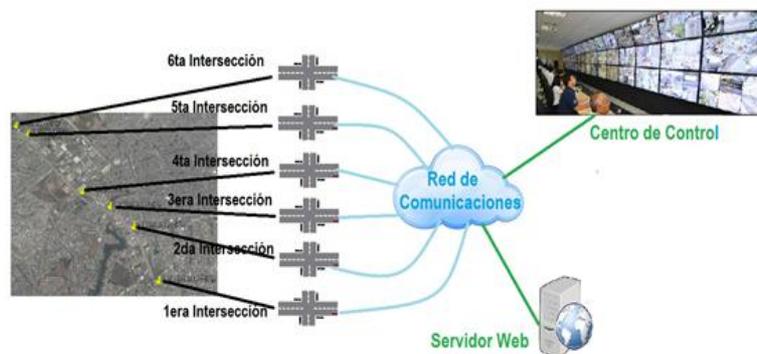


Figura 3.1. Comunicación de semáforos

Fuente: Autor (2015)

### 3.3. Sistema de Alimentación

El sistema de alimentación consta de un panel solar el cual entrega su energía a través de un regulador a la batería, y esta a su vez pasa por un

inversor (en el caso de trabajar con corriente alterna), para alimentar al semáforo.

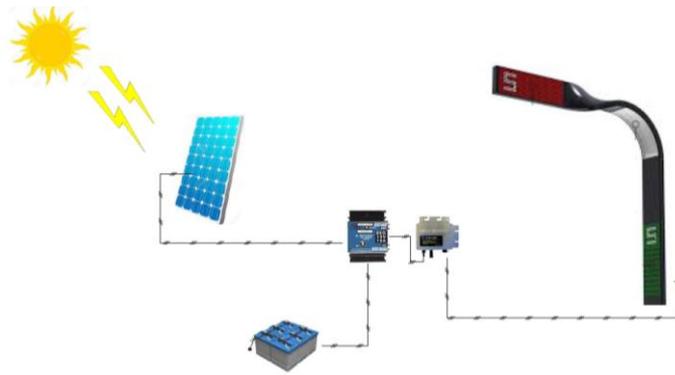


Figura 3.2. Alimentación Energética

Fuente: Autor (2015)

### 3.4. Estructura del semáforo Inteligente

Este Prototipo de semáforo se trata de una instalación todo-en-uno capaz de indicar a los vehículos, a los peatones y, al mismo tiempo, ser un poste de iluminación para cruce de peatones. La idea principal es reducir una mezcla visual de luces que se produce cuando hay demasiados elementos en la calle que a distancia pueden confundir a los conductores de vehículos.

#### 3.4.1. Poste de Semáforo

El poste posee un elegante diseño, el cual con curvas adapta un poste de luz, cuya fabricación deberá ser de acero inoxidable y de forma rectangular capaz de soportar en su interior displays LED tanto para la visualización vehicular, como peatonal.

La altura puede variar de acuerdo a la ubicación en donde se la quiera instalar que según estándares debe de tener al menos 4.5 metros y un máximo de 6 metros de altura, esta altura podrá variar de acuerdo a la cantidad de carriles que exista en la vía, a medida que existan más de 2 carriles se recomienda que el poste sea de 6 metros de altura.

### **3.4.2. Display LED**

El semáforo de tipo vehicular estará conformado de las tres luces, en 10 matrices de diodos LED de 25.6x12.8 cm formando una sola matriz de 64x51.2 cm, así evitaremos que cuando un diodo LED se quemara, este sea reemplazado, mientras tanto la matriz LED siga funcionando así podremos reducir costos de mantenimiento y prolongar la vida del semáforo, adicionalmente esta luz tendrá una forma diferente al resto para que pueda ser identificada para las personas que tengan cierto problema de visión como el daltonismo, este es cuando las personas confunden ciertos colores.

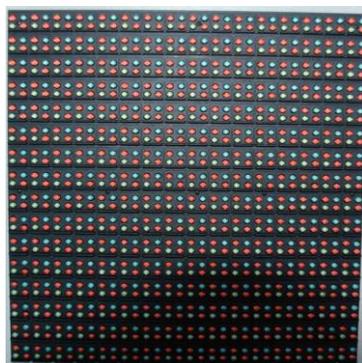


Figura 3.3. Matriz LED

Fuente: AliExpress (2015)

### **3.4.3. Panel Solar Policristalino**

Cada módulo está formado por un cristal con alto nivel de transmittividad. Cuenta con uno de los mejores encapsulantes utilizados en la fabricación de los módulos, el etil-viniloacetato modificado (EVA). La lámina posterior consta de varias capas, cada una con una función específica, ya sea adhesión, aislamiento eléctrico, o aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas. Además, el marco está fabricado con aluminio y cuenta con una capa externa de pintura que provee al perfil de una resistencia mucho mayor que el anodizado típico.

Con las nuevas tecnologías y materiales se ha mejorado tanto el propósito de dar rigidez mecánica al laminado, cumpliendo todas las normas requeridas, así como un sistema fácil y rápido de montaje, que consigue reducir hasta 3 veces el tiempo necesario para la instalación de los módulos.

La caja de conexiones QUAD dispone de certificación Clase II 1000V y grado de estanqueidad IP 54, que provee al sistema de un buen aislamiento frente a la humedad e inclemencias meteorológicas, siempre y cuando se utilicen cables que estén certificados.

La caja es capaz de albergar cables de conexión con un diámetro exterior desde 4,5mm hasta 10mm.



Figura 3.4. Panel solar fotovoltaico

Fuente: Atersa (2015)

### 3.4.3.1. Características

- Potencia (W en prueba  $\pm 5W_p$ ): 300W
- Número de células en serie: 72
- Corriente en punto de máxima potencia: 8,21A
- Tensión en punto de máxima potencia: 36,52V
- Corriente de cortocircuito: 8,89A
- Tensión de circuito abierto: 44,97V
- Dimensiones:
  - Longitud: 1965 mm
  - Anchura: 990 mm
  - Espesor: 40 mm
  - Peso: 24 kg

#### **3.4.4. Baterías para sistemas fotovoltaicos**

Las baterías fotovoltaicas estacionarias ofrecen un gran rendimiento cuando se trata de cargas y descargas lentas. La batería solar estacionaria monoblock de 24V es cómoda de transportar, vienen compactadas en un sólo bloque por lo que permite ser transportada con facilidad.

La batería fotovoltaica es necesaria para almacenar a energía, la batería es la encargada de almacenar la luz captada por los paneles solares fotovoltaicos para más tarde suministrarla como energía.



Figura 3.5. Batería Fotovoltaica  
Fuente: Atersa (2015)

### **3.5. Diseño de visualización**

#### **3.5.1. Semáforos vehiculares para daltónicos**

Una de las grandes problemáticas que existen en las personas daltónicas a la hora de conducir es la confusión a distancia de los colores convencionales de los semáforos. Es por esto que en muchos

países se está pensando en estandarizar a través de distintos gráficos pero conservando el color habitual.

Las tres luces que se usara en el semáforo vehicular dentro de la matriz horizontal LED serán:

- Rojo: esta luz indica que la corriente vehicular tendrá que detener la marcha durante todo el tiempo que esta indique. Su símbolo será un cuadrado.

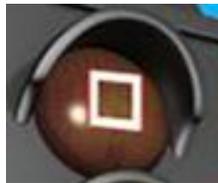


Figura 3.6. Luz roja

Fuente: Pparafernhalhas (2011)

- Amarillo: esta luz indica prevención, va a haber un cambio de luz. Su símbolo será un triángulo.



Figura 3.7. Luz amarilla

Fuente: Pparafernhalhas (2011)

- Verde: Esta luz permite el paso libre de la corriente vehicular. Su símbolo será un círculo.



Figura 3.8. Luz verde

Fuente: Pparafernalhas (2011)

- Temporizador: Este es un tiempo que va a indicar cuanto queda para que haya el cambio de luz.

### **3.5.2. Semáforo Peatonal**

Este semáforo estará conformado por dos dibujos en 6 matrices de diodos LEDs de 25.6x12.8 cm, que formarán una matriz de 38.4x51.2 cm, las cuales cumplen el reglamento técnico ecuatoriano RTE INEN 004:2012 parte 5 de señalización vial.

En la parte superior de la matriz estará un dibujo y en la parte inferior estará el temporizador que indicará de la siguiente manera:

- Mano de color rojo: Este símbolo indica que el peatón no puede cruzar la calle.



Figura 3.9. Luz alto  
Fuente: Elemperador (2014)

- Peatón de color verde: Este símbolo indica que el peatón puede cruzar por la calle, durante este símbolo habrá un sonido para que las personas con discapacidad visual puedan escucharlo y cruzar la calle.



Figura 3.10. Luz paso peatones  
Fuente: Elemperador (2014)

- Temporizador: Este indicará el tiempo que queda restante para el cambio de símbolo.



Figura 3.11. Temporizador peatones  
Fuente: Elemperador (2014)

### 3.5.3. Sistema de Vigilancia

#### 3.5.3.1. Cámara de Video

Esta cámara de video que se usará en el semáforo para hacerlo inteligente es la cámara de tráfico TrafiCam, esta cámara tiene la capacidad de realizar 8 zonas de detección, de 4 a 8 salidas de detección que son sensibles a la detección. (Traficam, 2015)

Estas zonas de detección se configuran a través del software que viene con la cámara que es de fácil manejo.

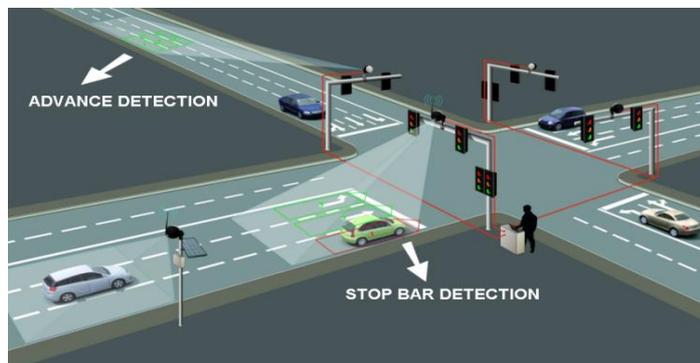


Figura 3.12. Visualización TrafiCam  
Fuente: TrafiCam (2015)

#### 3.5.3.2. Funcionamiento de TrafiCam

- Trabaja las 24 horas del día.
- Vida útil de un promedio de 10 años.
- Almacenamiento de configuración dentro del ordenador.
- Función de grabación y reproducción.
- Bajo consumo de energía aproximadamente de 1.2W.

- Gran angular: Esta Función tiene un enfoque para detectar las placas de los vehículos a una distancia entre 0-20 m.
- Ángulo estrecho: Esta función tiene un menor enfoque pero sirve para detectar cuántas filas de vehículos hay en el semáforo, funciona a una distancia entre 15-70 m.

### 3.6. Dimensionamiento del semáforo

Para los cálculos de dimensionamiento de panel solar, batería e inversor, se consideró un panel solar de 300 Watts a 24 Voltios de Poli cristalino marca ATERSA, una batería de 250 Ah para marca ENERSOL. Los cuales se mostraran mas adelante con cálculos de consumo de potencia total del semáforo.

#### 3.6.1. Potencia suministrada por el panel solar

Hora	Potencia (W /h)
6:00 AM	120
7:00 AM	180
8:00 AM	200
9:00 AM	220
10:00 AM	250
11:00 AM	270
12:00 PM	300
1:00 PM	300
2:00 PM	300
3:00 PM	250
4:00 PM	200
5:00 PM	80
6 pm - 5 AM	0

Tabla 3.1. Potencia suministrada por el Panel solar en distintas horas  
Fuente: Autor (2015)

### 3.5.2. Consumo Matrices LEDs

#### 3.5.2.1. Matriz LED semáforo vehicular

Como se menciona anteriormente para el semáforo vehicular se usara 10 matrices LED con una dimensión 64x51.2 cm.

Según las características de la matriz seleccionada tiene 3906 LEDs por M2.

Los cálculos se muestran en la siguiente tabla:

	P10	P20	P12	P16
	160x160	320x160	192x192	256x128
Ancho cm	64	64	76.8	64
Altura cm	48	48	57.6	51.2
Mts 2	0.3072	0.3072	0.44	0.33
Cantidad de Leds	3072	768	3072	1280
Potencia LED (W)	92.16	23.04	92.2	38.4

Tabla 3.2: Consumo de semáforo vehicular.

Fuente: Outdoorledwall (2015)

#### 3.5.2.2. Matriz LED semáforo peatonal

Como se menciona anteriormente para el semáforo vehicular se usara 6 matrices LED con una dimensión 38.4x51.2 cm.

Según las características de la matriz seleccionada tiene 3906 LEDs por M2.

Los cálculos se muestran en la siguiente tabla:

	P10	P20	P12	P16
	160x160	320x160	192x192	256x128
Ancho cm	32	32	57.6	38.4
Altura cm	48	96	57.6	51.2
Mts 2	0.1536	0.3072	0.33	0.2
Cantidad de Leds	1536	768	2304	768
Potencia LED (W)	46.08	23.04	69.1	23

Tabla 3.3: Consumo de semáforo peatonal

Fuente: Outdoorledwall (2015)

### 3.5.3. Consumo Total de Semáforo

Según datos obtenidos anteriormente y los datos de los fabricantes de los equipos a utilizarse se realiza la siguiente tabla, en esta se encontrara el consumo de potencia de las partes del semáforo.

Equipos	Potencia	Horas/uso	Energía (W)
Vehicular	38.4	24	921.54
Peatonal	23	24	552.92
Cámara	1.2	24	28.8
Lámpara	30	12	360
Controladores	5	24	120

Tabla 3.4: Consumo de semáforo

Fuente: Autor (2015)

Según los cálculos que el semáforo consumirá en total por las 24 horas de uso o un día, dará un total de 1.98 KW/h/d.

### 3.5.4. Cálculos de Corrientes del semáforo

Para los cálculos de las corrientes del semáforo se utiliza el consumo de corrientes alternas y continuas, en el caso del proyecto solo se usaran los cálculos de corrientes continuas.

#### 3.5.4.1. Cálculos de corriente continua

Para obtener el cálculo de la corriente continua se deberá poner todos los equipos que vayan a usar dicha corriente, para el caso de este modelo de semáforo inteligente, todos los equipos funcionaran con corriente continua.

En la siguiente tabla se muestran todos los equipos que van a ser utilizados en el semáforo.

Equipos	Cantidad	Potencia (W)	Horas/uso	Energía (W)
Vehicular	1	38.4	24	921.54
Peatonal	1	23	24	552.92
Cámara	1	1.2	24	28.8
Lámpara	1	30	12	360
Controladores	1	5	24	120

Tabla 3.5: Consumo de Potencia  
Fuente: Autor (2015)

### 3.5.4.2. Corriente Pico del modulo

Para calcular la corriente pico del modulo fotovoltaico, se deberá considerar lo siguiente:

#### 3.5.4.2.1. Carga diaria CC

La carga diaria CC es la carga obtenida en la tabla 3.1 1983 W/h/d (A)

#### 3.5.4.2.2. Carga diaria corriente continua equivalente

Para este caso no se tomara en cuenta la corriente continua equivalente debido a que esta se obtiene de la corriente alterna.  
(B)

#### 3.5.4.2.3. Carga corriente continua total diaria

Es la suma de las dos cargas:

$$\text{Carga CC total} = A + B$$

$$\text{Carga CC total} = 1983 + 0$$

$$C = 1983 \text{ W/(h/d)}$$

#### **3.5.4.2.4. Tensión corriente continua del sistema**

Para este proyecto se seleccionó una tensión de 12V, para lograr tener un menor consumo energético. (D)

#### **3.5.4.2.5. Carga diaria de la corriente cc**

$$\text{Carga diaria de la corriente CC} = C / D$$

$$\text{Carga diaria de la corriente CC} = 1983 / 12$$

$$E = 165.27 \text{ AH}$$

#### **3.5.4.2.6. Factor de seguridad para protección de baterías**

El factor de seguridad está dado por las normas de la seguridad eléctrica para estos casos recomienda que el factor de seguridad es de 1.2 (F) (Conelec, 2008)

#### **3.5.4.2.7. Carga corriente corregida**

La carga de la corriente corregida es la carga diaria aumentándole el factor de potencia, esto es para evitar cualquier percance que el sistema consuma mayor corriente de la calculada.

$$\text{Carga de corriente corregida} = E \times F$$

$$\text{Carga de corriente corregida} = 165.27 \times 1.2$$

$$G = 198.33 \text{ AH}$$

#### **3.5.4.2.8. Radiación solar**

La radiación solar es obtenido según el atlas del Ecuador para la zona de Guayaquil, cabe indicar que la radiación solar varia cada mes del año, para los cálculos se va a usar el de 5.2 KW/h/d (H)

#### **3.5.4.2.9. Corriente pico del sistema**

$$\text{Corriente pico del sistema} = G / H$$

$$\text{Corriente pico del sistema} = 198.33 / 5.2$$

$$I = 38.13 \text{ A (I)}$$

#### **3.5.4.3. Dimensiones del módulo fotovoltaico**

##### **3.5.4.3.1. Corriente pico del sistema**

$$I = 38.14 \text{ A}$$

##### **3.5.4.3.2. Corriente pico del modulo**

La corriente pico del módulo viene dado por el fabricante para este caso en la selección del módulo fotovoltaico será 8.89 A (J)

##### **3.5.4.3.3. Arreglo de módulos**

Para determinar la cantidad de módulos se serán utilizados, la corriente pico del sistema / la corriente pico del módulo.

$$\text{Arreglo de modulos} = I / J$$

$$K = 4$$

#### **3.5.4.3.4. Tensión nominal del modulo**

Esta viene dada por el fabricante del módulo para este caso es de 24V (L)

#### **3.5.4.3.5. Factor nominal**

El factor nominal es la relación entre las dos tensiones, la tensión nominal del módulo y la tensión nominal del sistema, para que a través de este factor se pueda determinar la cantidad de módulos a utilizarse.

$$\text{Factor nominal} = D / L$$

$$\text{Factor nominal} = 12 / 24$$

$$M = 0.5$$

#### **3.5.4.3.6. Numero de módulos en total**

Para determinar la cantidad de módulos a usar resulta del arreglo de los módulos por el factor nominal

$$\text{Numero de modulos} = K \times M$$

$$\text{Numero de modulos} = 4 \times 0.5$$

$$\text{Numero de modulos} = 2$$

#### **3.5.4.4. Banco de baterías**

##### **3.5.4.4.1. Días de reserva**

Los días de reserva se establece según se requiera en el proyecto dejando un estimado de cuanto días no vaya a haber sol, por ahora dejando para una emergencia se establecen 3 días de reserva. (N)

#### **3.5.4.4.2. Capacidad nominal de banco de batería**

Capacidad nominal del banco de baterías =  $E * N$

Capacidad nominal del banco de baterías =  $165.27 * 3$

$$O = 495.83 \text{ AH}$$

#### **3.5.4.4.3. Profundidad de descarga**

La profundidad de descarga es una característica de la batería

dada por el fabricante en este caso 0.80 (P)

#### **3.5.4.4.4. Capacidad corregida de banco de baterías**

Capacidad corregida =  $O / P$

Capacidad corregida =  $495.83 / 0.80$

$$Q = 619.77 \text{ AH}$$

#### **3.5.4.4.5. Capacidad nominal de la batería**

Esta viene dada por el fabricante de la batería para este caso

será de 260 AH (R)

#### **3.5.4.4.6. Arreglo de baterías en paralelo**

Arreglo de baterías =  $Q / R$

Arreglo de baterías =  $619.77 / 260$

$$S = 2$$

#### **3.5.4.4.7. Tensión nominal del sistema**

Tensión nominal es de 12V como ya se estableció

anteriormente. (D)

#### **3.5.4.4.8. Tensión nominal de la batería**

Esta viene dada por el fabricante, 24V (T)

### 3.5.4.4.9. Número de baterías en serie

$$\text{Numero de baterias en serie} = D / S$$

$$\text{Numero de baterias en serie} = 12 / 24$$

$$U = 0.5$$

### 3.5.4.4.10. Número total de baterías

$$\text{Numero de baterias} = S * U$$

$$\text{Numero de baterias} = 2 * 0.5$$

$$\text{Numero de baterias} = 1$$

En la tabla a continuación se muestran todos los resultados obtenidos de los cálculos anteriores:

<b>CORRIENTE PICO MODULOS</b>		
Carga diaria CC	1983	W/h/d
Carga corriente continua total	1983	W/h/d
Tensión Corriente continua sistema	12	V
Carga diaria de la corriente CC	165.27	AH
Factor de seguridad	1.2	
Carga corriente corregida	198.33	AH
Radiación solar	5.2	KW/h/d
<b>DIMENSIONES DE MODULOS</b>		
Corriente pico del sistema	38.13	A
Corriente pico del modulo	8.89	A
Arreglo de módulos	4	
Tensión nominal del modulo	24	V
Factor nominal	0.5	
Numero de módulos en total	2	
<b>BANCO DE BATERIAS</b>		
Días de reserva	3	
Capacidad nominal de baterías	495.83	AH
Profundidad de descarga	0.8	
Capacidad corregida de baterías	619.77	AH
Capacidad nominal de la batería	260	AH
Arreglo de baterías en paralelo	2	
Tensión nominal del sistema	12	V
Tensión nominal de la batería	24	V
Numero de baterías en serie	0.5	
Numero de baterías	1	

Tabla 3.6: Resumen de cálculos dimensionamiento

Fuente: Autor, (2015)

## **CAPITULO 4: Análisis y Costos del semáforo Inteligente**

### **4.1. Diagrama esquemático del semáforo inteligente**

El diagrama esquemático de la figura 4.1 muestra 2 tarjetas electrónicas. La tarjeta principal es la encargada de controlar los displays de visualización tanto vehicular como peatonal, gradúa la intensidad de la luz del reflector, así como también de los displays. También se encarga de recibir señales de sensores de CO2 (para ver la contaminación ambiental), de sensor de ultrasonido (detección de peatones), de sensor de luminosidad (intensidad de luz), y del sensor de la cámara (detección de vehículos).

La segunda tarjeta electrónica es la de control de alimentación energética la cual se encarga de detectar el nivel de batería, evitando que se descargue y el sistema se apague. De igual manera cuando la batería se encuentra totalmente cargada, distribuye la alimentación directamente hacia el semáforo.

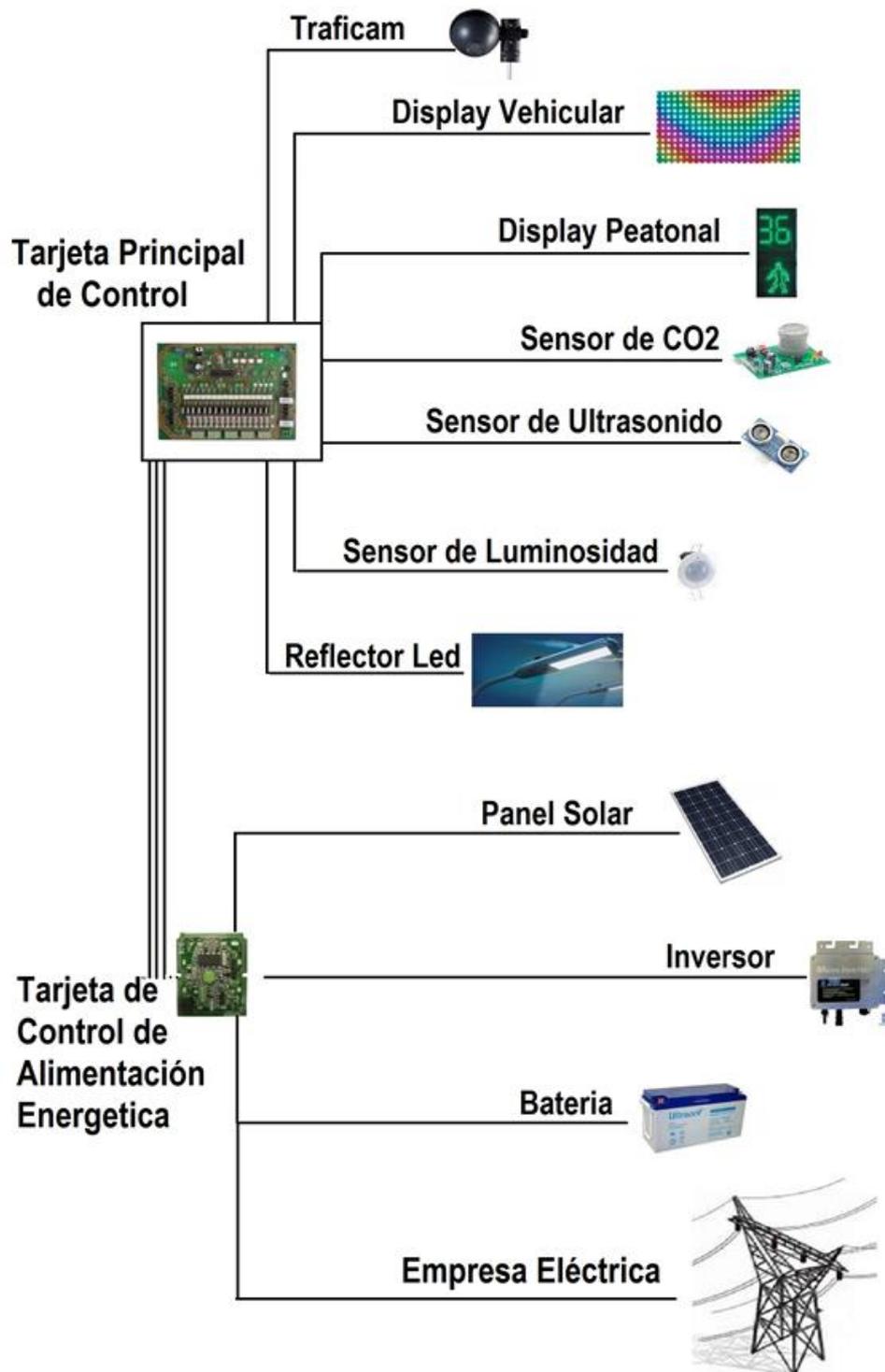


Figura 4.1. Diagrama esquemático

Fuente: Autor (2015)

## 4.2. Diagrama de Flujo del funcionamiento del semáforo

El siguiente diagrama de flujo está realizado para la intersección del mall del sol, el cual desarrolla una intersección peatonal y vehicular en un solo sentido como se muestra en la figura 4.2

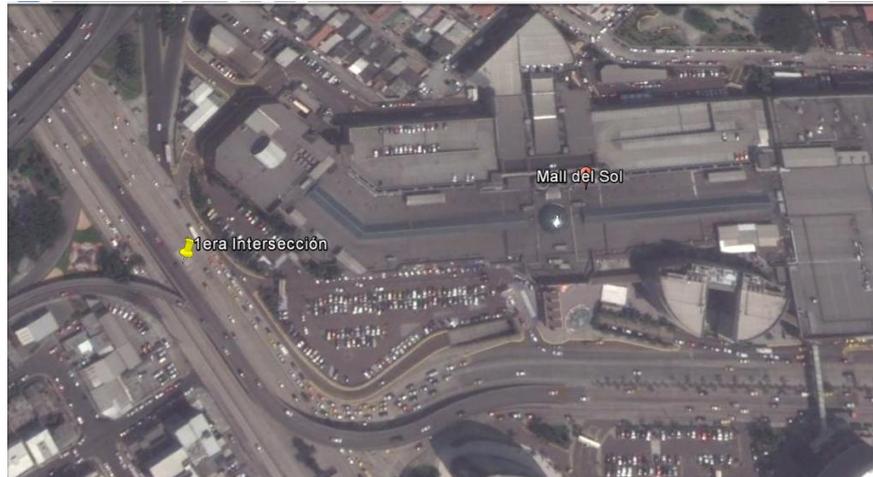


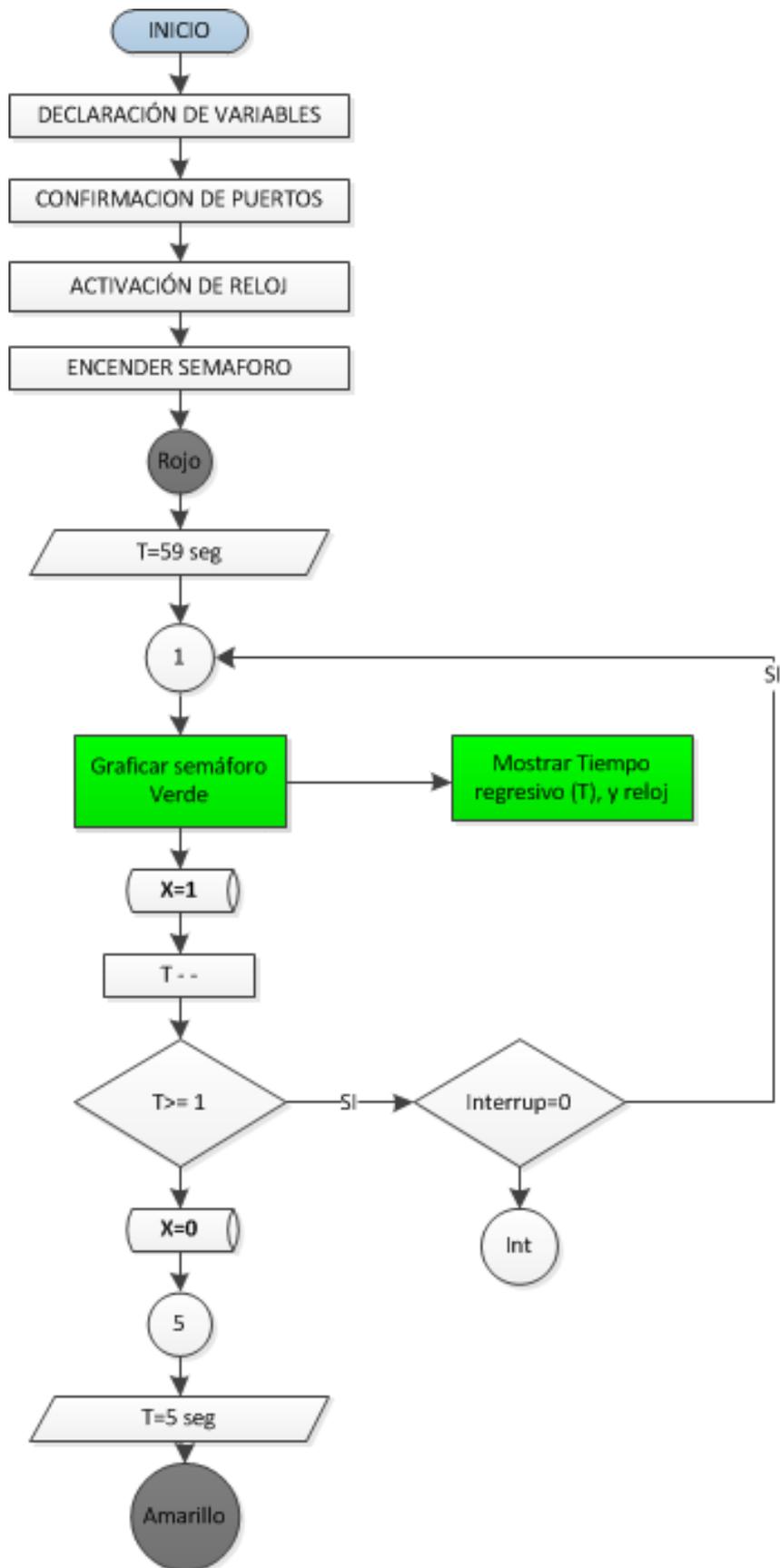
Figura 4.2. Intersección basada en el diagrama de flujo

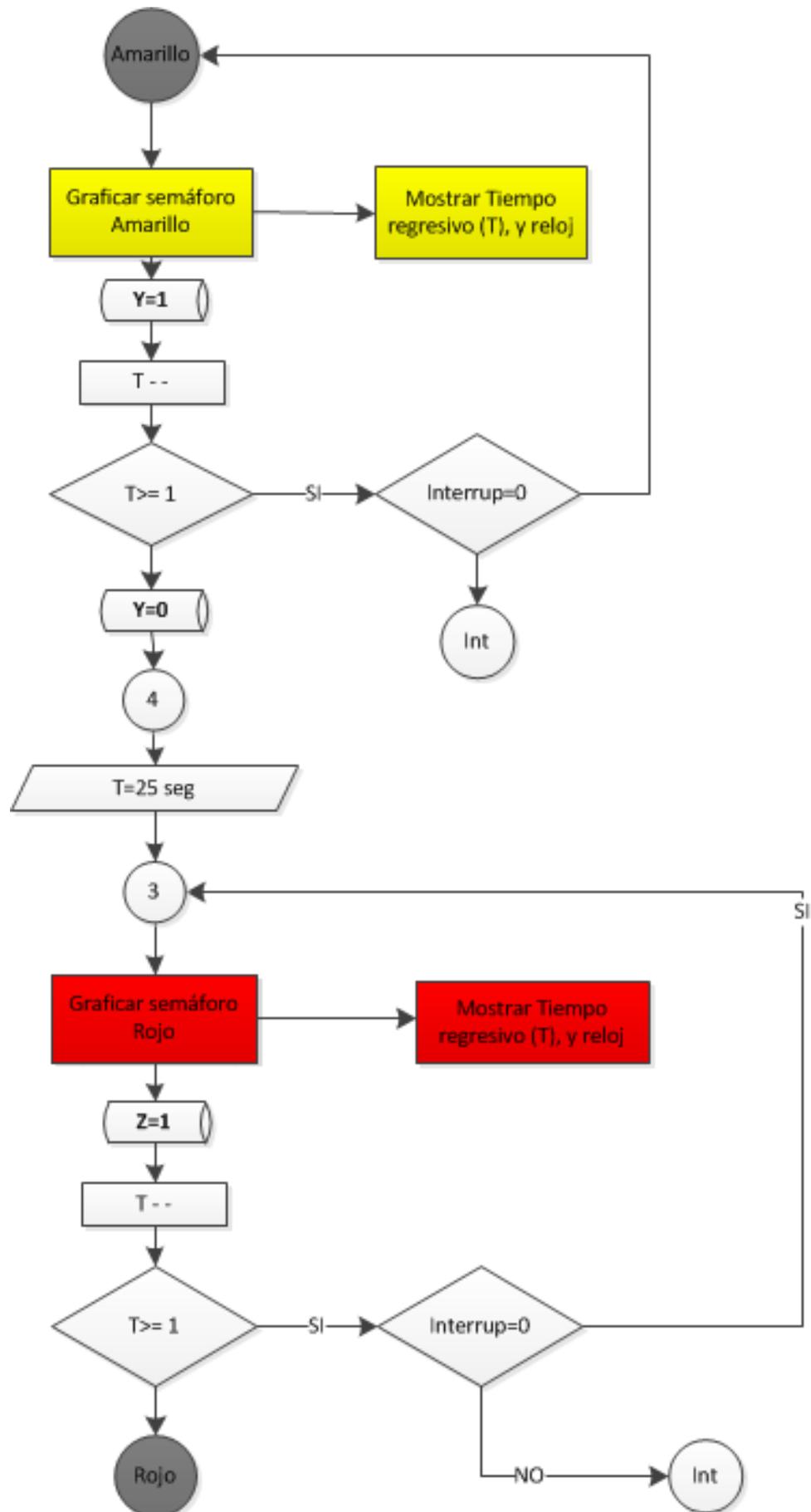
Fuente: Google Maps (2015)

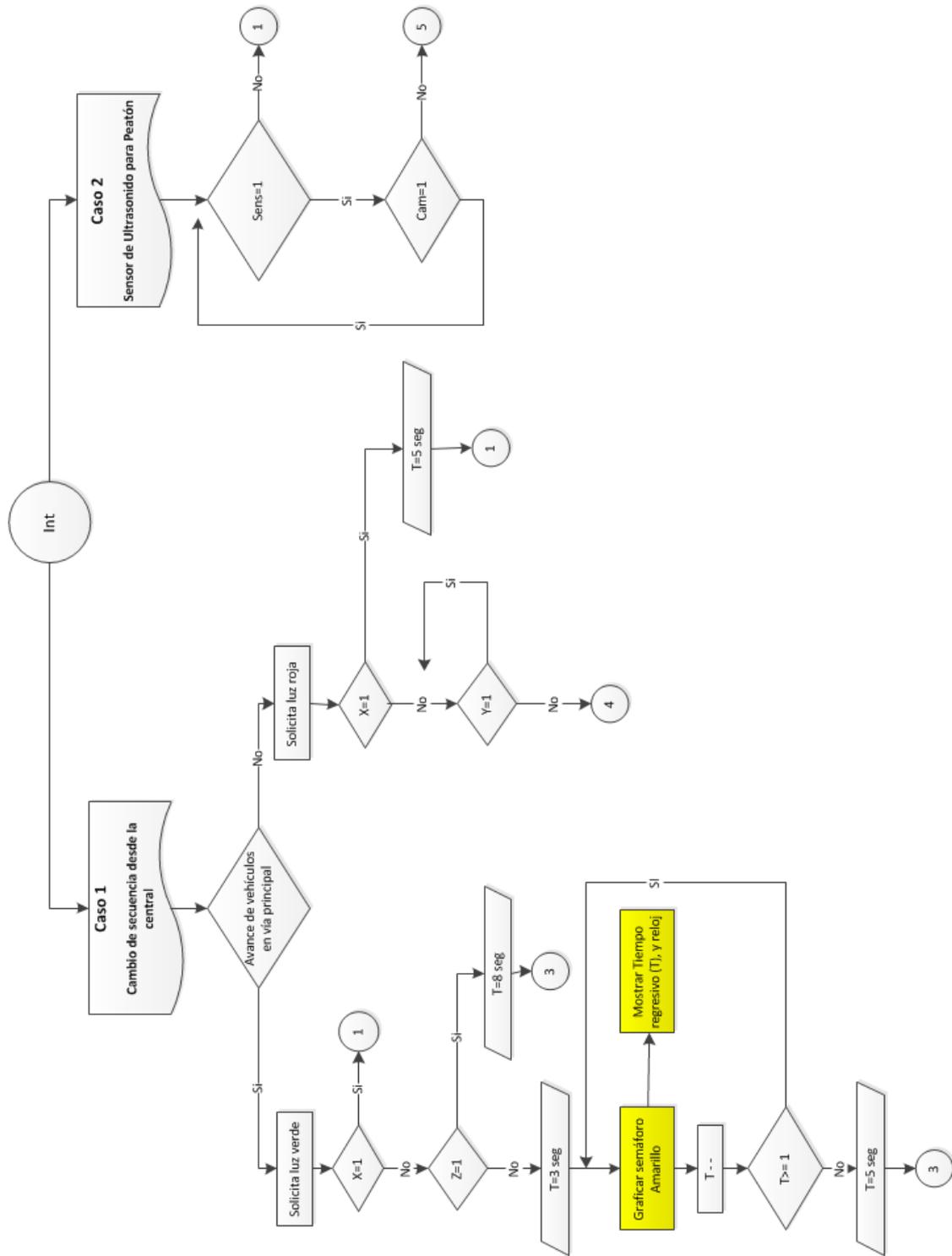
Dicha intersección cuenta con interrupciones automáticas, las cuales son:

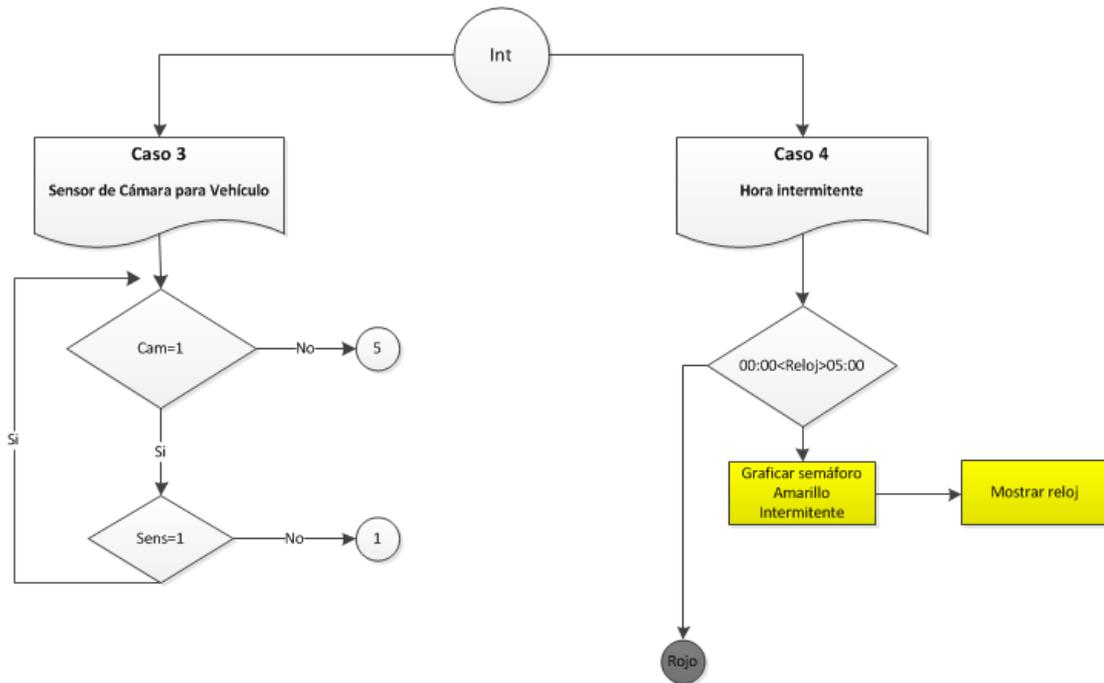
- Caso#1. En este caso, es una señal que se envía mediante la central de monitoreo, esta puede ser para dejar pasar una mayor cantidad de vehículos ya sea esta una ambulancia o vehículo que requiera avanzar de manera rápida. También se puede enviar una señal para dejar pasar más peatones.
- Caso #2. Este caso se da cuando existe algunos peatones en espera (el sensor de ultrasonido emite su señal), y no existe vehículos cerca (el sensor de la cámara no detecta presencia alguna). Esto hará que el semáforo permita pasar una mayor cantidad de peatones.

- Caso #3. Este caso se da cuando no existe peatones (el sensor de ultrasonido no detecta presencia) y existen vehículos cerca del semáforo (sensor de la cámara detecta presencia). Esto hará que el semáforo permita pasar una mayor cantidad de vehículos.
- Caso #4. Este caso se da cuando pasa de las 23h00 de la noche, las luces se ponen intermitentes para dejar avanzar solamente a los vehículos, este proceso termina a las 5am.









### 4.3. Planos de distribución del Proyecto

Se ha dispuesto realizar este prototipo en seis intersecciones de la av. Juan Tanca Marengo. A continuación se detalla la ubicación de las intersecciones en un mapa de Google que adicionalmente cuenta con información de tráfico en una hora pico de un día normal (lunes 18h00).

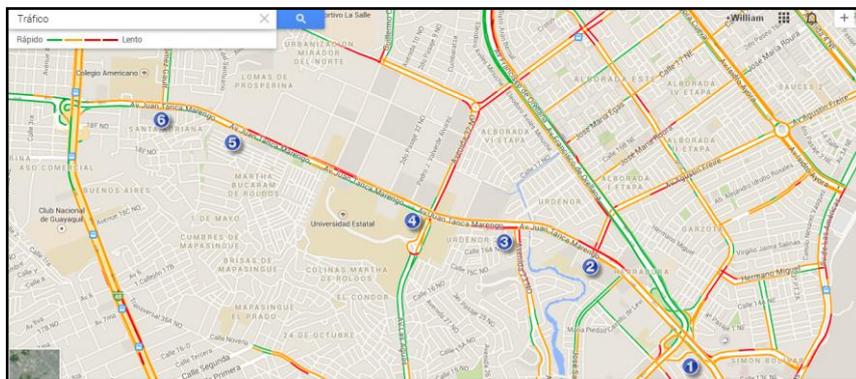


Figura 4.3: Ubicación de intersecciones en proyecto piloto

Fuente: Google Maps (2015)



Figura 4.4: Información de tráfico típico

Fuente: Google Maps (2015)

Como podemos observar en la leyenda, el color rojo representa tráfico lento y el color verde un tráfico fluido.

Las intersecciones se detallan a continuación:

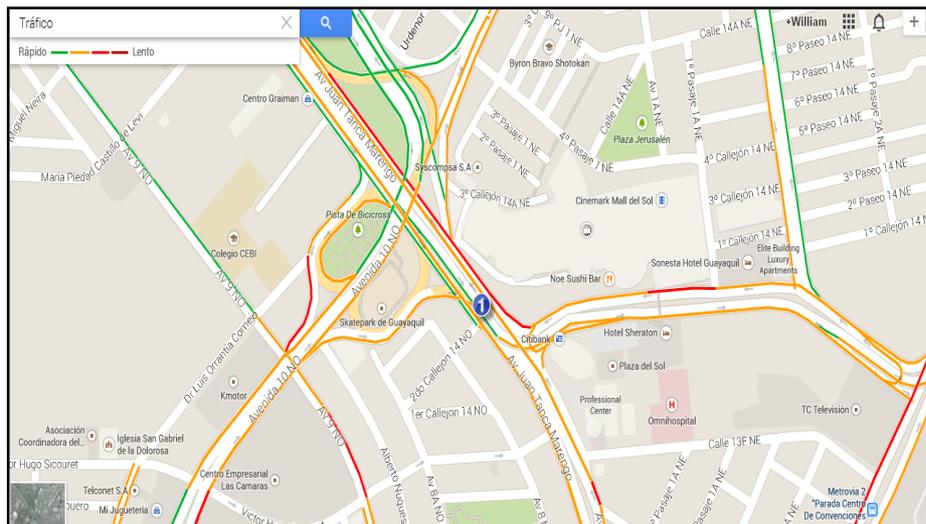


Figura 4.5: Intersección 1: Av. Juan Tanca Marengo, frente al Centro Comercial Mall del Sol

Fuente: Google Maps (2015)

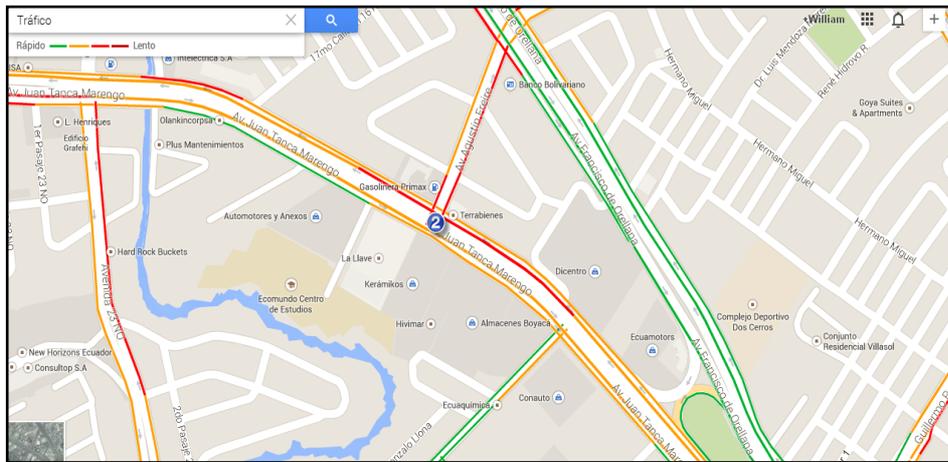


Figura 4.6: Intersección 2: Av. Juan Tanca Marengo y Av. Agustín Freire, referencia: Terrabienes.

Fuente: Google Maps (2015)

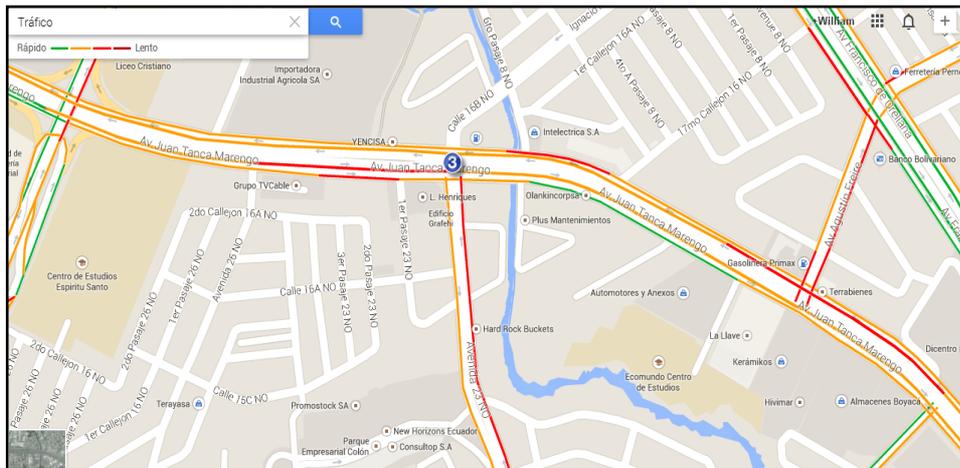


Figura 4.7: Intersección 3: Av. Juan Tanca Marengo y Av. Ignacio Robles Santiesteban, referencia: Urdenor.

Fuente: Google Maps (2015)

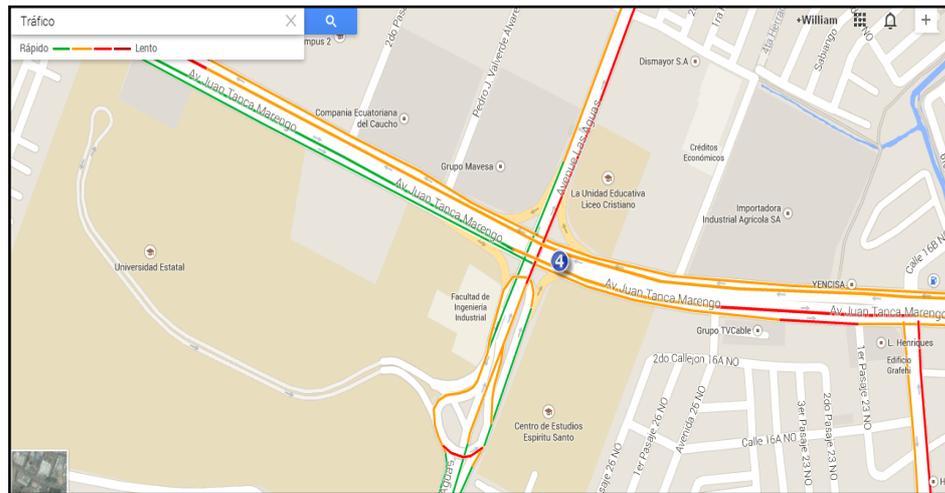


Figura 4.8: Intersección 4: Av. Juan Tanca Marengo entre Av. Benjamín Carrión y Av. Las Aguas.

Fuente: Google Maps (2015)

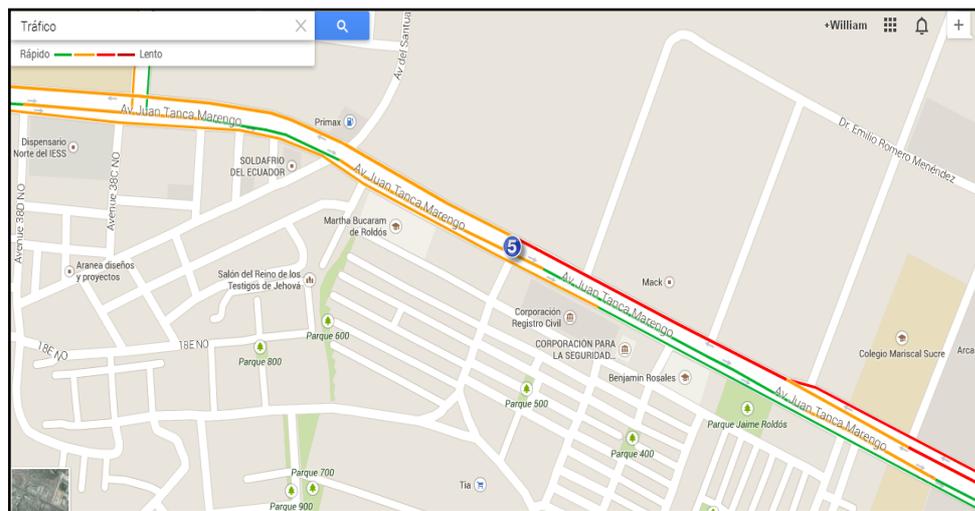


Figura 4.9: Intersección 5: Av. Juan Tanca Marengo, entrada a Cda Martha de Roldos.

Fuente: Google Maps (2015)

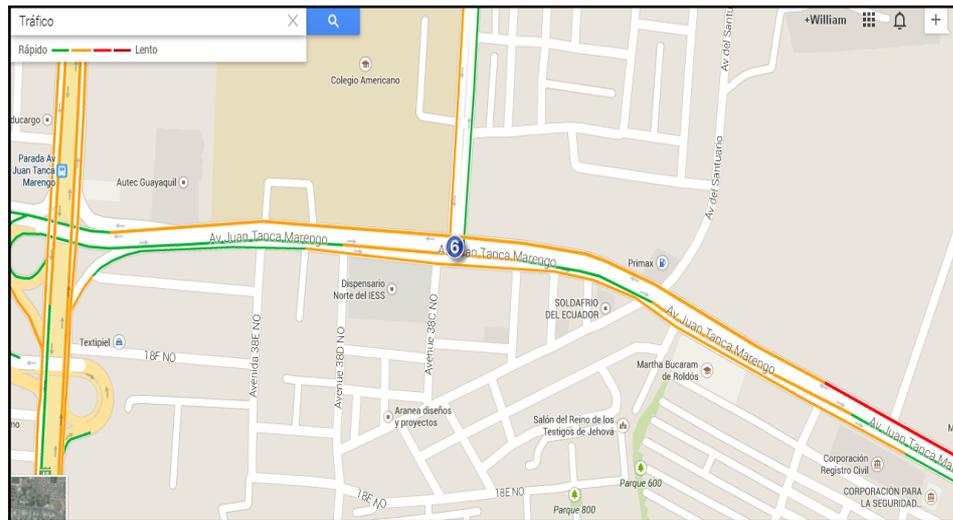


Figura 4.10: Intersección 6: Juan Tanca Marengo e Ing. José Antonio Gómez, referencia, Cda San Felipe.

Fuente: Google Maps (2015)

#### 4.4. Costo de implementación de un semáforo

##### 4.4.1. Costos semáforos actuales

En la ciudad de Guayaquil existen 2 distintos semáforos los cuales unos cuentan con PLC siemens y su costo promedio es de \$24000 por intersección, el cual incluye 2 semáforos vehiculares y 2 peatonales.

También existen semáforos realizados por empresas los cuales contienen tarjetas electrónicas y su costos promedio es de \$ 11000 por intersección e incluye 2 semáforos vehiculares y 2 peatonales, este realiza comunicación mediante buscan entre otros dispositivos.

#### 4.4.2. Costo modelo semáforo inteligente

Los siguientes costos se basan en la página AliExpress que es un proveedor global de China, de los cuales de la tabla 4.1 están incluidos los aranceles de aduana según el Art. 147 COPCI de la ley de Importación. Y solamente la fabricación de la estructura se la realizara en el Ecuador.

PARTES		COSTO
ESTRUCTURA	POSTE	\$1,900.00
VISUALIZACION	MATRIZ LED VEHICULAR	\$750.00
	MATRIZ LED PEATONAL	\$600.00
ILUMINACION	REFLECTOR LED 30W	\$240.00
VIGILANCIA	TRAFICAM	\$850.00
ALIMENTACION	BATERIA	\$600.00
	PANEL SOLAR	\$500.00
	INVERSOR	\$200.00
	REGULADOR	\$100.00
CONTROL	ALIMENTACION ENERGETICA	\$500.00
	TARJETA PRINCIPAL	\$800.00
	SENSOR CO2	\$100.00
	SENSOR LUMINOSIDAD	\$100.00
	SENSOR ULTRASONIDO	\$100.00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$7,340.00</b>

Tabla 4.1. Costos Modelo de semáforo  
Fuente: Autores (2015)

#### 4.5. Consumo energético de semáforos

##### 4.5.1. Consumo energético de semáforos actuales

El cálculo para el consumo el consumo de energía está dado por el producto entre la potencia de los equipos y las horas de uso. De esto se saca el valor diario que se pagaría en nuestro país tanto para los 2

tipos de semáforos que existen en la ciudad de Guayaquil, en comparación con el semáforo inteligente.

La tabla 4.2 muestra los cálculos de consumo y el costo diario de energía que produce un semáforo de tarjetas electrónicas.

<b>Semáforo de Tarjetas Electrónicas</b>				
	Corriente (A)	Potencia (W)	Horas de Uso	Consumo Wh
Foco LED Vehicular	0,12	14,4	24	345,6
Tarjeta de Control	0,2	24	24	576
Foco LED Peatonal	0,12	14,4	24	345,6
Tarjeta de Control	0,2	24	24	576
Total W				1843
Costo del Wh en Ecuador (Dólares)				0,000094
Costo diario (Dólares)				0,17

Tabla 4.2. Consumo diario de un semáforo basado en tarjetas electrónicas  
Fuente: Autores (2015)

La tabla 4.3 muestra los cálculos de consumo y el costo diario de energía que produce un semáforo basado en PLC.

<b>Semáforo con PLC</b>				
	Corriente (A)	Potencia (W)	Horas de Uso	Consumo Wh
Foco LED Vehicular	0,12	14,4	24	345,6
PLC	0,75	82,5	24	1980
Foco LED Peatonal	0,12	14,4	24	345,6
Total				2671,2
Costo de Wh en Ecuador (Dólares)				0,000094
Costo diario (Dólares)				0,25

Tabla 4.3. Consumo diario de un semáforo basado en un PLC siemens  
Fuente: Autores (2015)

#### 4.5.2. Consumo energético de modelo de semáforo inteligente

La tabla 4.4 muestra los cálculos de consumo y el costo diario de energía que produce un semáforo inteligente, sin tomar en consideración que no necesita de energía de la empresa eléctrica ya que el panel solar junto con su batería de respaldo pueden suministrarle hasta 3 días de autonomía. Se basa en cálculos ya realizados de la tabla 3.4 de consumo de un semáforo.

<b>Semáforo Inteligente</b>			
	Potencia (W)	Horas de Uso	Consumo Wh
Semáforo Vehicular	38,4	24	921,6
Semáforo Peatonal	23,0	24	552
Cámara	1,2	24	28,8
Lámpara	30	12	360
Controladores	5	24	120
Total			1982,4
Costo de Wh en Ecuador (Dólares)			0,000094
Costo diario (Dólares)			0.19

Tabla 4.4. Consumo diario de un semáforo inteligente sin panel solar  
Fuente: Autores (2015)

#### 4.6. Diseño Semáforo inteligente

Se muestra el diseño del semáforo inteligente en sus distintas fachadas. Las cuales cumplen con el reglamento técnico ecuatoriano de señalización vial parte 5 de semaforización, en los siguientes literales. (Inen, 2012)

La sección 5.2.1.1 que indica que las secciones o módulos para semáforos vehiculares están compuestos por 3 unidades, y en el caso de virajes se pueden aumentar a 6, cambia en nuestro diseño ya que lo que se intenta es que en un solo modulo se grafique el semáforo y si existe la necesidad de virajes, se puede aumentar el display para graficar dichas instrucciones. (Inen, 2012)

Las demás secciones importantes en el diseño del semáforo inteligente cumple con las secciones 5.2.1.2 de colores de semáforos vehiculares, 5.2.2 de semáforos peatonales; así como también la sección 5.3 de tamaño y diseño de lentes, 5.4 de ubicación de semáforos, 5.5 de funciones de los semáforos y 5.5 de altura de montaje de semáforos anclados que debe tener al menos 5.3 metros de altura. (Inen, 2012)

Las siguientes figuras hechas en autocad muestran los tamaños de todo el equipamiento para el semáforo inteligente.

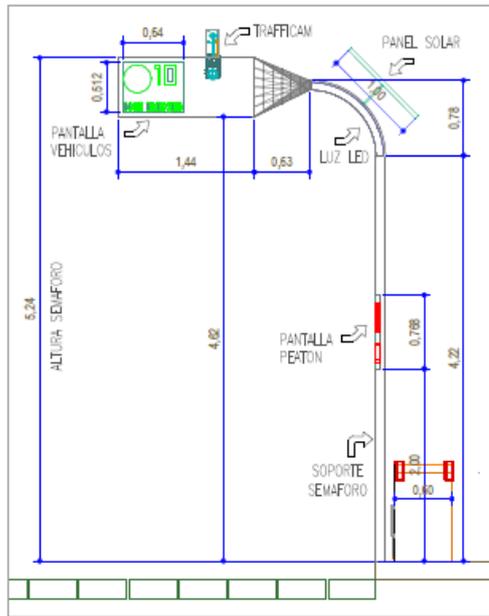


Figura 4.11 Fachada lateral del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

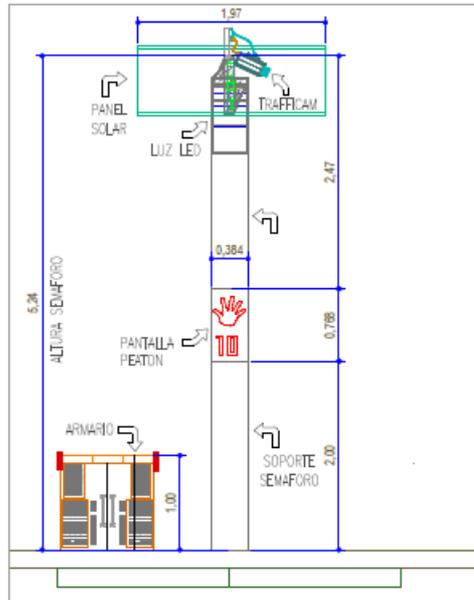


Figura 4.12 Fachada frontal del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

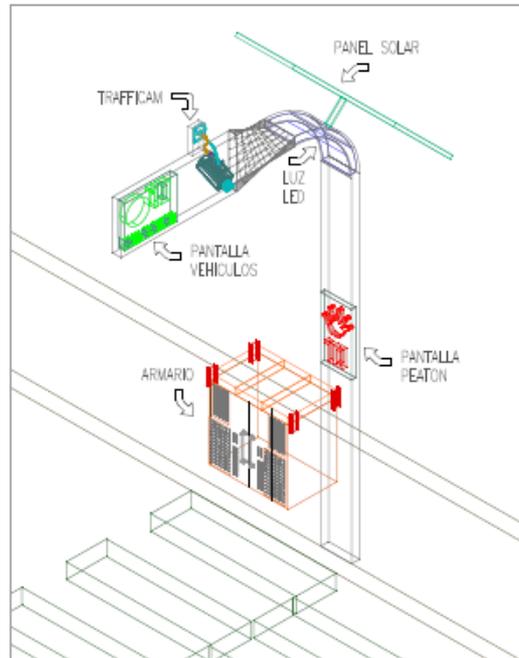


Figura 4.13 Perspectiva del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

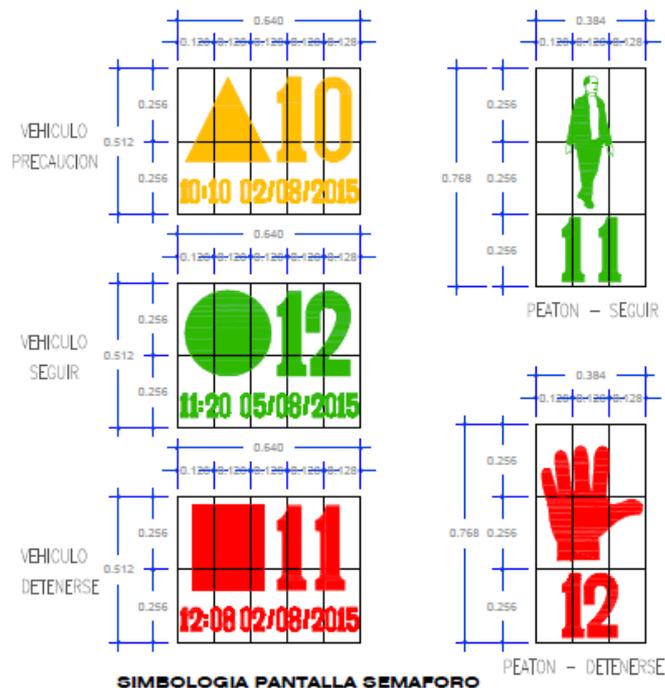


Figura 4.14 Simbología del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

Estas últimas figuras muestran el funcionamiento del semáforo, son renders realizadas en el programa Artlantis 5, las cuales muestran una vista final simulada del semáforo inteligente.



Figura 4.15 Vista final del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

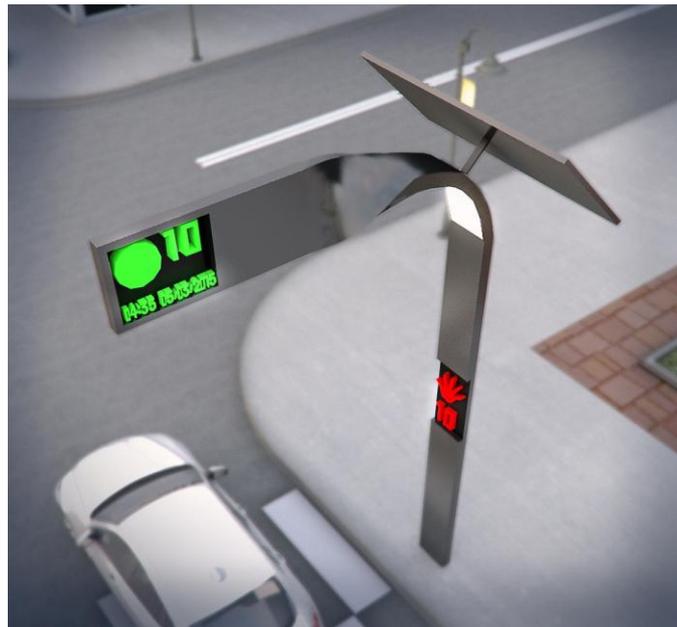


Figura 4.16 Vista superior final del semáforo  
Fuente: Autores (2015)

## **5. CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. Resultados**

Para la comunicación entre los semáforos inteligentes se utilizara el protocolo TCP/IP, ya que es uno de los protocolos más estandarizados y utilizados a nivel mundial. Esto lograría que todos los nuevos semáforos que ingresen a la nueva red de control del tránsito puedan ser fácilmente analizados y configurados.

El modelo de semáforo inteligente estará compuesto por un panel solar, un banco de baterías fotovoltaicas, con estos nuevos elementos el semáforo lograra ser amigable con el medio ambiente usando energías renovables y así reducir los gastos de la energía pública.

Se analizó diseñar un semáforo que tengas distintivos para personas que tengan problemas visuales como es el daltonismo, este tipo de problemas visuales no impiden que las personas manejen pero en ocasiones estas puedan tener inconveniente con los agentes de tránsito por la confusión en los colores del semáforo, así que se le implementó formas adicionales a los colores en el semáforo.

Los consumos de potencia son los que indican cuanto energía consumirá el semáforo y se podrá analizar el costo de la energía que se va a ahorrar utilizando las energías renovables, para el caso del semáforo inteligente con energía renovable nos indica que este podría consumir 1.98 KW/h/d.

En la tabla 4.4 se muestra los costos que genera el semáforo en el caso de que consuma energía pública, estos cálculos indican que el semáforo consume un promedio diario de \$0.19, se calcula el gasto mensual de solo un semáforo puede llegar a costar un aproximado de \$5.7.

Con el sistema de alimentación que se desea utilizar para este modelo de semáforo inteligente que es la energía solar, mediante paneles solares fotovoltaicos y un banco de baterías se lograría reducir estos costos de energía que al año podría llegar a ahorrar un aproximado de \$68.4

Para el funcionamiento y diagrama de flujo del semáforo inteligente se simuló una sola intersección que se muestra en la figura 4.4, en esta se puede encontrar el paso del tránsito vehicular y el paso peatonal, ya que ahí se pudo probar la mayor parte de casos posibles para lograr desarrollar las interrupciones posibles.

Los costos de implementación del semáforo que se muestran en la tabla 4.1 en los que indica que cada semáforo cuesta un total de \$7340.00 (siete mil trescientos cuarenta 00/00 dólares), cabe recalcar que el semáforo incluye el poste, semáforo vehicular, semáforo peatonal, alumbrado público (lámpara LED), cámara de video y todo el sistema de alimentación.

## **5.2. Conclusiones**

- Se elaboró un diseño de un semáforo inteligente, a un costo más bajo que los actuales semáforos usados, lo cual permite que sea un modelo completamente viable y una buena solución para la ciudad.

- Otra forma de las que el semáforo inteligente puede ejecutar un cambio de luz es mediante sus sensores de ultrasonido, de la cámara, cuando este detecte presencia de peatones o vehículos respectivamente.
- Con el diseño del semáforo con un sistema de alimentación mediante energía solar, se logra hacer un ahorro para la ciudad, ya que un semáforo que se alimente mediante el alumbrado público podría costar alrededor de \$68 al año, solo por una intersección.
- Es viable el uso de este tipo de tecnologías, dado que con el uso de este modelo de semáforo inteligente no solo se ahorra en energía, sino que también se podrá ahorrar en agentes de tránsito.
- El costo de un agente de tránsito las 8 horas laborables al día en una intersección, generaría un costo de un promedio de \$10.000 al mes, con este ahorro y el ahorro de la energía se podrá recuperar la inversión del semáforo inteligente en un periodo de un año.

### **5.3. Recomendaciones**

- Es necesario lograr que la administradora de tránsito comience a revisar toda la red de semaforización actual para ver como se le puede implementar energía renovable a cada intersección y así ahorrarle significativamente los costos a la ciudad.
- Se recomienda que el mantenimiento y la revisión del sistema de alimentación sea constante y que no se deje de hacer por ningún motivo, así se lograra prolongar la vida de las baterías, este mantenimiento debe ser

periódicamente cada 3 meses y se puede llegar a tener una vida de la batería de 5 años.

- Se recomienda aprovechar que el semáforo viene con una cámara de video, que la administradora de tránsito cree un departamento de control de semaforización para que este puede estar monitoreando a través del video el tránsito en la ciudad y así poder mejorar el servicio.
- Se recomienda que para reducir un poco de los costos de implementación del modelo del semáforo inteligente, se puede buscar fabricantes nacionales de los equipos a utilizarse.
- Debido al rápido avance de la tecnología se recomienda estar actualizándose en las últimas tendencias de semaforización y así evitar que el modelo del semáforo inteligente, se quede con tecnología obsoleta y este pueda durar por varios años y aprovechar la inversión realizada.

## Bibliografía

- Almeida Garzón, J. N., & Mafla Legarda, S. F. (2008). Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo centralizado de flujo vehicular y peatonal.
- Bello, C., Vera, L. H., Busso, A., & Cadena, C. (2009). Proyecto de electrificación rural a través de sistemas fotovoltaicos autónomos en la provincia de Corrientes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*,13.
- Caiza Oña, D. W. (2013). Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema Inteligente de Semaforización (Doctoral dissertation, LATACUNGA/ITSA/2013).
- Creus A. Instrumentación Industrial. Marcombo S.A., Barcelona - España, 2010
- Díaz Ivorra, M. D. C., Díaz Ivorra, J. F., Ferreiro Prieto, J. I., Pérez Carrión, M. T., Serrano Cardona, M. G., Tomás Jover, R., ... & Sentana Cremades, E. (2002). Métodos geométricos de coordinación de intersecciones reguladas por semáforos.
- Formación, E. (2007). Energía solar fotovoltaica. FC Editorial.
- Gómez, J. E. (2005). Energía solar fotovoltaica.
- González-Muñiz, Ana (ORCID: 0000-0002-3917-9242); Longueira-Romero, Ángel (ORCID:0000-0001-6085-820X)
- Inen, (2012). Señalización vial parte 5. Semaforización (Primera Edición)

- Lema Puruncaja, C. E., & Zuleta Mediavilla, D. P. (2015). Solmáforo (Semáforo Solar): modelo ambiental de alerta por exposición a la radiación solar en Quito.
- Lizárraga, M., Gallina, S., & Zamboni, M. (2008). Servicios en Internet para monitoreo y control a distancia utilizando EDGE/GPRS-GSM. Universidad Nacional de Catamarca, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, Departamento de Electrónica.
- Pavez Andonaegui, C. A. (2007). Estimación de Costos Operacionales Producto de Eventos de Falla en una Red de Semáforos: Aplicación Caso La Serena y Coquimbo.
- Pedraza, L. F., Hernández, C. A., & López, D. A. (2012). Control de tráfico vehicular usando ANFIS. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 20(1), 79-88.
- Reinoso García, A. R., & Tocaín Villarruel, C. A. (2009). Diseño de un prototipo para controlar un semáforo inteligente usando tecnologías GSM/GPRS y Wireless CPU sobre una plataforma Open-Soft (LINUX).
- Sarmiento, P. (2007). *Energía solar en arquitectura y construcción*. RIL Editores
- Torres Vargas, A. G., & Orellana Escalante, L. E. (2014). Paneles solares para iluminación (Doctoral dissertation, Universidad De Guayaquil, Ingeniería Industrial). Gago, A., Calderón, A. G., & Fraile, J. (2012). *Iluminación con tecnología LED*. Editorial Paraninfo.
- Villas, M. G., & Arribas, L. (1999). *Energía solar fotovoltaica y cooperación al desarrollo* (Vol. 6). IEPALA Editorial.

## Paginas Web

- <http://www.eluniverso.com/2010/08/26/1/1445/57-1864-semaforos-urbe-nueva-tecnologia.html>
- <http://www.guayaquil.gob.ec/content/agencia-de-tr%C3%A1nsito-municipal-atm-atender%C3%A1-revisi%C3%B3n-t%C3%A9cnica-vehicular-de-automotores>
- <http://iluminet.com/9-ventajas-de-tec-led/>
- [http://www.renova-energia.com/energia\\_renovable/energia\\_solar\\_fotovoltaica.html#1.2](http://www.renova-energia.com/energia_renovable/energia_solar_fotovoltaica.html#1.2)
- [http://www.barranquilla.gov.co/movilidad/index.php?option=com\\_content&view=article&id=4144:que-son-los-semaforos-y-cual-es-su-uso&catid=8:semaforizacion](http://www.barranquilla.gov.co/movilidad/index.php?option=com_content&view=article&id=4144:que-son-los-semaforos-y-cual-es-su-uso&catid=8:semaforizacion)
- <http://www.dikkat.com.ar/>
- [https://autosolar.es/baterias/baterias-plomo-acido/baterias-semi-traccion/bateria-24v-260ah-formula-star\\_precio](https://autosolar.es/baterias/baterias-plomo-acido/baterias-semi-traccion/bateria-24v-260ah-formula-star_precio)
- <http://automatizacioniue.blogspot.com/2012/08/principiode-funcionamiento-del-sensor.html>