

CENTRO TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL VEHICULAR CON
SEMÁFOROS INTELIGENTES PARA LA 10MA Y 9NA CALLES
DE COMAYAGÜELA**

SUSTENTADO POR

KARLENTON DANIEL ORELLANA ANDINO, 31811917

**PREVIO A INVESTIDURA DEL TÍTULO DE INGENIERÍA EN
ELECTRÓNICA**

TEGUCIGALPA

HONDURAS,

C.A.

SEPTIEMBRE, 2021

CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO

CEUTEC

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON ANTONIO BREVE REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

DINA ELIZABETH VENTURA DÍAZ

DIRECTORA ACADÉMICA CEUTEC

IRIS GABRIELA GONZALES ORTEGA

TEGUCIGALPA

HONDURAS, C.A.

SEPTIEMBRE, 2021

**ESTUDIO DE UN SISTEMA DE CONTROL VEHICULAR CON
SEMÁFOROS INTELIGENTES PARA LA 10MA Y 9NA CALLES
DE COMAYAGÜELA**

**TRABAJO PRESENTADO EN EL CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS**

EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

ASESOR:

ING. KARIO ALEXANDRO VILAFRANCA REYES

TERNA EXAMINADORA:

DARIN RUBY ARGUETA MURILLO

ROGER DANIEL PONCE RODRÍGUEZ

TEGUCIGALPA

HONDURAS, C.A.

SEPTIEMBRE, 2021

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación es un esfuerzo que suma la experiencia adquirida y el trabajo desarrollado en los últimos años en la carrera de Ingeniería en Electrónica, es por eso por lo que dedico este trabajo a este Centro Universitario, CEUTEC, que me brindo la oportunidad económica y el espacio para poder estudiar y desarrollarme profesionalmente.

Karlenton Daniel Orellana Andino

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios por guiarme y protegerme durante este proceso de desarrollo académico y en general en toda mi vida, así como a mis padres quienes me han motivado a seguir adelante y llegar lejos en cada etapa de mi vida, a mis hermanos y hermanas por su continuo apoyo emocional, a mis compañeros de clase y amigos por su apoyo en equipo en distintas ocasiones y agradezco en especial a todos los docentes que brindaron su conocimiento para ayudarme a crecer ser un mejor profesional.

Karlenton Daniel Orellana Andino

RESUMEN EJECUTIVO

Se desarrolló una simulación de un Sistema de Control Vehicular con semáforos Inteligentes para contribuir a la reducción del tráfico en la 10ma y 9na calles de Comayagüela, el desarrollo de esta simulación se basa en el estudio de ciertas tecnologías de detección de vehículos para poder identificar el método de detección que mejor se adapte con el sistema de control vehicular que ya existe en la zona, así como la decisión sobre los dispositivos que mejor desempeño puedan mostrar al momento de su aplicación; de igual forma se investigaron ciertas características como los tiempos de espera en el tráfico en la zona, para poder identificar las horas de mayor saturación, también se tomó en cuenta el tamaño de las calles y si este afecta en el aumento del tráfico de la zona, así como el aumento del parque vehicular en los últimos años, todo para poder fomentar el uso de nuevas tecnologías para solucionar problemas de congestión vehicular en la capital de Honduras.

Palabras claves: Sistema de Control Vehicular, Semáforo Inteligente, Congestionamiento vehicular, Parque vehicular.

ABSTRACT

A simulation of a Vehicle Control System with Intelligent traffic lights was developed to contribute to the reduction of traffic on the 10th and 9th streets of Comayagüela, the development of this simulation is based on the study of certain vehicle detection technologies to be able to identify the detection method that best suits the vehicle control system that already exists in the area, as well as the decision on which devices show the best performance for the future application of the system; In the same way, certain characteristics were investigated, such as the estimated waiting time in traffic in these streets, in order to identify the hours that has more saturation during the day, the size of the streets was also taken into consideration and if this affects the increase of traffic in the area , as well as the increase in the number of vehicles in recent years, all in order to promote the use of new technologies to solve traffic congestion problems in the capital of Honduras.

Keywords: Vehicle Control System, Intelligent Traffic Light, Traffic congestion, Vehicle fleet.

ÍNDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN EJECUTIVO	III
ABSTRACT.....	IV
ÍNDICE DE IMÁGENES	3
ÍNDICE DE Tablas	5
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	10
2.1 Antecedentes	10
2.2 Definición del problema.....	12
2.3 Preguntas de Investigación.....	13
2.4 Hipótesis	13
2.5 Justificación	15
CAPÍTULO III: OBJETIVOS	17
3.1 Objetivo General	17
3.2 Objetivo Específico.....	17
CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO	18
4.1 Desarrollo histórico urbanístico de la zona.....	18
4.2 Infraestructura vial de la 10ma y 9na calles en la actualidad.....	19
4.2.1 Tipos de señalizaciones utilizadas en las calles y avenidas de Comayagüela.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3 Normas y leyes de Tráfico en Honduras	20
4.3.1 Normas referentes a los semáforos en la Ley de Tránsito de Honduras.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4 El Parque Vehicular de Honduras	22
4.4.1 Definición de Parque vehicular	22

4.4.2	Desarrollo del Parque Vehicular de Honduras.....	22
4.4.3	Parque vehicular de Honduras en base al tipo de vehículos	23
4.4.4	División del parque vehicular en Honduras en cada departamento de los últimos años ¡Error! Marcador no definido.	
4.5	Sistemas de control vehicular con Semáforos.....	23
4.5.1	Desarrollo Histórico de los Semáforos	23
4.5.2	Tipos de semáforos existentes.....	24
4.5.3	Teoría de señalización de los semáforos	25
4.6	Sistemas Inteligentes de Transporte.....	27
4.6.1	Métodos de detección de Vehículos.....	28
4.6.2	Semáforos Inteligentes mediante redes de Sensores para detección de Vehículos.....	30
4.6.3	Semáforos Inteligentes mediante el Procesamiento de Imágenes	36
4.6.4	Semáforos Inteligentes mediante Inteligencia Artificial.....	37
4.7	Descripción de Dispositivos utilizados para la simulación.....	39
4.7.1	Programas utilizados	40
4.7.2	Dispositivo para Elemento de regulación o control	74
CAPÍTULO V: METODOLOGÍA Y PROCESO		42
5.1	Enfoque y Métodos	42
5.1.1	Descripción del enfoque.....	42
5.1.2	Descripción del método	42
5.1.3	Diseño de la Investigación	43
5.2	Población y Muestra	43
5.3	Unidad de análisis y respuesta	44
5.4	Técnicas e instrumentos aplicados.....	44
5.4.1	Recolección de Datos.....	44
5.4.2	Instrumentos de Medición.....	45
5.5	Fuentes de información.....	46
5.5.1	Fuentes Primarias.....	46
5.5.2	Fuentes Secundarias	46
5.5.3	Fuentes Terciarias	46
5.6	Cronología de trabajo.....	47
CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y ANÁLISIS		48
6.1	Resultados, comprobación y análisis de Hipótesis	48
6.1.1	Análisis de Preguntas Demográficas.....	48
6.2	Análisis de Hipótesis.....	54

6.2.1	Hipótesis 1	¡Error! Marcador no definido.
6.2.2	Hipótesis 2	¡Error! Marcador no definido.
6.2.3	Hipótesis 3	¡Error! Marcador no definido.
6.2.4	Hipótesis 4	¡Error! Marcador no definido.
6.2.5	Hipótesis 5	54
6.2.6	Hipótesis 6	57
6.2.7	Hipótesis 7	¡Error! Marcador no definido.
6.2.8	Hipótesis 8	59
6.2.9	Análisis de la aceptación del proyecto.....	62
6.3	Resultados de comparativa entre Sensores	64
6.3.1	Comparativa entre dispositivos de detección.....	64
6.4	Resultados de Simulación	70
6.4.1	Estructura del diseño simulación	70
6.4.2	Diagrama de flujo del Sistema de Control Vehicular Inteligentes con Semáforos	70
6.4.3	Circuito Electrónico	72
6.4.4	Pruebas de Simulación	77
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES		86
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES		87
CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFÍA		88
CAPÍTULO X: ANEXOS.....		1
10.1	Apéndice A: Instrumentos de medición.....	1
10.1.1	Encuesta	1
10.1.2	Observación directa.....	7
10.2	Apéndice B: Tablas ilustrativas del Marco Teórico.....	9
10.3	Apéndice C Fichas de Especificaciones y Diagramas esquemáticos	10

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 4.1	Mapa Satelital de la zona de Comayagüela (Google Maps, 2021).....	19
Figura 4.2	Mapa de Infraestructura vial de la zona. (AMDC, 2021).....	20
Figura 4.3	Intervalos de cambio de Indicadores (Castro, 2017)	25

Figura 4.4 Demostración de la secuencia de encendido de semáforos (Figura Propia)	26
Figura 4.5 Lazo de control de semáforo común (Figura Propia).....	27
Figura 4.6 Lazo de control de semáforo Inteligente (Figura Propia).....	28
Figura 4.7 Esquema de lectura por medio de tecnología Bluetooth (Castro, 2017)	31
Figura 4.8 Sensor KY-21 (Sutagao, 2019).....	33
Figura 4.9 Sensor Ultrasónico HC-SR04 (ElectronicMade, 2020).....	34
Figura 4.10 Sensor Infrarrojo FC-51 (Ahedo, 2019)	35
Figura 4.11 Cámara Pixy2 Cam.....	37
Figura 4.12 Logo de Proteus (2021)	40
Figura 4.13 Logo de Arduino (2021).....	41
Figura 5.1 Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto.	47
Figura 6.1 Gráfico de Edad.....	49
Figura 6.2 Gráfico de residencia.....	50
Figura 6.3 Gráfico de Conductores activos en la ciudad	52
Figura 6.4 Gráfico de los tipos de vehículos en la ciudad	53
Figura 6.5 Gráfico del consumo energético de los sistemas con o sin sensores.....	56
Figura 6.6 Gráfico de los rangos máximos de detección de objetos.....	58
Figura 6.7 Gráfico del porcentaje de beneficencia del proyecto	60
Figura 6.8 Histograma de Porcentaje de Beneficencia del proyecto	61
Figura 6.9 Gráfico del nivel de aceptación del proyecto	63
Figura 6.10 Histograma de Aceptación del proyecto.....	63
Figura 6.11 Gráfico de evaluación final (Diseño propio).	69
Figura 6.12 Mapa de Estructura de comunicación del sistema. (Diseño Propio)	70
Figura 6.13 Diagrama de flujo del circuito simulado (Diseño Propio).....	71
Figura 6.14 Circuito eléctrico de control de semáforo Simulado (Diseño Propio)	72
Figura 6.15 Circuito Electrónico de Detección de Vehículos (Diseño Propio).....	73
Figura 6.16 Arduino Uno (Arduino, 2021).....	75

Figura 6.17 Arduino Nano (Arduino, 2021)	76
Figura 6.18 Modulo Xbee (Digi International, 2009).....	77
Figura 6.19 Simulación Circuito Electrónico Dos en el caso 1 (Diseño Propio)	77
Figura 6.20 Simulación Circuito Electrónico Uno en caso 1.....	78
Figura 6.21 Simulación Circuito Electrónico Dos en caso 2 (Diseño Propio)	78
Figura 6.22 Simulación Circuito Electrónico Uno en caso 2 (Diseño Propio).....	79
Figura 6.23 Circuito Electrónico Dos en caso 3 (Diseño Propio).....	79
Figura 6.24 Circuito Electrónico Uno en caso 3 (Diseño Propio)	80
Figura 10.1 Parque Vehicular, según categoría del vehículo.....	9
Figura 10.2 Parque vehicular por departamentos	9
Figura 10.3 Ficha técnica de semáforos.....	10
Figura 10.4 Especificaciones técnicas de semáforos	10
Figura 10. 5 Diseño Esquemático del Arduino Uno (Arduino, 2021).....	12
Figura 10.6 Diseño esquemático del Arduino Nano (Arduino, 2021).....	14
Figura 10.7 Hoja de especificaciones del módulo Xbee (XBee-Datasheet.pdf, 2009).....	15
Figura 10.8 Hoja de especificaciones del Sensor HC-SR04.....	16
Figura 10.9 Especificaciones Sensor magnético KY-21.....	17
Figura 10.10 Especificaciones Sensor infrarrojo FC-51	18
Figura 10.11 Especificaciones Pixy2 Cam para el procesamiento de imágenes.	18

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Conceptualización y Operatividad de las variables de Hipótesis.</i>	13
Tabla 4.1 <i>División de Ciclos en semáforo de 10ma calle y 6ta avenida.</i>	26
Tabla 4.2 <i>Clasificación de Sensores (Guzmán W. Á., 2013)</i>	35
Tabla 5.1 <i>Definición de Instrumento para comprobar hipótesis</i>	44
Tabla 6.1 <i>Análisis y resultados de Pregunta 2</i>	48
Tabla 6.2 <i>Análisis y resultados de Pregunta 3</i>	49

Tabla 6.3 <i>Análisis y resultados de Pregunta 4</i>	51
Tabla 6.4 <i>Análisis y resultados de Pregunta 5</i>	52
Tabla 6.5 <i>Análisis de Hipótesis 1</i>	54
Tabla 6.6 <i>Análisis de Hipótesis 2</i>	57
Tabla 6.7 <i>Análisis Pregunta 12</i>	59
Tabla 6.8 <i>Análisis Pregunta 13</i>	62
Tabla 6.9 <i>Características a comparar y sus valores.</i>	64
Tabla 6.10 <i>Comparativa entre valores de Consumo energético de los sensores</i>	66
Tabla 6.11 <i>Comparativa de Rangos de detección de objetos.</i>	67
Tabla 6.12 <i>Comparativa de rubrica de Costos</i>	67
Tabla 6.13 <i>Evaluación final de cada categoría.</i>	68
Tabla 6.14 <i>Costo de materiales en la 10ma Calle</i>	81
Tabla 6.15 <i>Costo de materiales en la 9na Calle</i>	83
Tabla 6.16 <i>Costo de Personal</i>	85
Tabla 6.17 <i>Gastos Administrativos</i>	85
Tabla 6.18 <i>Costo total de Implementación del Proyecto</i>	86
Tabla 10.1 <i>Matriz del libro de códigos para la encuesta.</i>	4
Tabla 10.2 <i>Ejemplo de tabla para la recolección de datos mediante observación</i>	7
Tabla 10.3 <i>Ficha de especificaciones de Arduino Uno (Arduino, 2021)</i>	10
Tabla 10.4 <i>Hoja de Especificaciones de Arduino Nano (Arduino, 2021)</i>	12

GLOSARIO

- 1. Avenida:** Al igual que con el término de “Calle”, la ley de tránsito también establece una definición oficial para el término “Avenida”. El Poder Judicial (2005) afirma que una avenida es la vía urbana orientada de Norte a Sur, por la cual deben preferentemente circular los vehículos, los peatones o animales lo harán en espacios especiales.
- 2. Calle:** Una calle de acuerdo al estatus legal impuesto por el Poder Judicial (2005) se comprende como la vía pública orientada de Este a Oeste y que está destinada para el tránsito de vehículos peatones y/o animales, de acuerdo a su nomenclatura, con menor capacidad que la avenida, teniendo preferencia la avenida ésta sobre la calle.
- 3. Congestión Vehicular:** Es un término que puede comprenderse desde un punto de vista arbitrario y otro objetivo, de acuerdo con la Real Academia Española (2021), se determina que Congestión es la acción y efecto de congestionarse y a su vez Congestionarse significa la obstrucción o entorpecimiento del paso, la circulación o el movimiento de algo (ASALE, 2021), que en este caso ese algo es tránsito de vehículos. Por otro lado, un término más objetivo es el descrito por Thomson y Bull (2002) quienes comprenden la congestión como la condición que prevalece si la introducción de un vehículo en un flujo de tránsito aumenta el tiempo de circulación de los demás.
- 4. Consumo Energético:** Es la energía que se necesita para que un dispositivo pueda trabajar, esta suele medirse en horas y es un dato que viene en las hojas de especificaciones.
- 5. Procesamiento de Imágenes:** Es un conjunto de técnicas aplicadas a ciertos dispositivos electrónicos para el mejoramiento de imágenes y la detección de objetos en estas.
- 6. Semáforo:** La Ley de tránsito del Poder Judicial de Honduras (2005) se menciona que los semáforos son dispositivos luminosos automáticos, semiautomáticos o computarizados y que trata de regular el tránsito de vehículos y peatones. De igual forma se menciona que la instalación de estos y el mantenimiento es responsabilidad de la sección de Ingeniería de Tránsito.

7. **Sensor:** Dispositivo tecnológico capaz de detectar los cambios de ciertas variables en determinados ambientes.
8. **Sistemas Inteligentes de Transporte:** Un conjunto de tecnologías modernas dispuestas de tal forma que ayuden a mejorar los sistemas de control vehicular comunes.
9. **Tránsito:** “Es el movimiento de desplazamiento de vehículos personas y/o animales en las vías públicas” (Poder Judicial de Honduras, 2005)

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Los sistemas modernos de control vehicular se basan en métodos de detección de objetos, y suelen presentar varias ventajas para la reducción del tráfico en lugares donde se ha incrementado el parque vehicular; por otro lado los semáforos han sido sistemas de control y ordenamiento vehicular por excelencia durante varios siglos, sin embargo estos cada día se ven comprometidos debido al incremento de vehículos circulando en las calles, este documento retoma la importancia de estos sistemas y su funcionamiento, así como su origen para poder comprender como realizar recrear un sistema más eficiente.

En Honduras el crecimiento del parque vehicular ha aumentado en los últimos 10 años, doblando su valor y causan mayor saturación en las calles, la infraestructura vial en especial de la capital si sea desarrollado en los últimos años, sin embargo, esto aun no es suficiente, es por eso por lo que este documento pretende fomentar un sistema de control vehicular que integre mayores elementos tecnológicos para que se pueda reducir el tráfico sin tener que acudir a grandes proyectos con mayores costos.

Una de las zonas que sufre de gran congestionamiento son las calles y avenidas de Comayagüela, una zona comercial que comunica con varias áreas de la capital, es por eso por lo que también se indaga en información referente a esta zona de la capital para comprender mejor como implementar un sistema de control vehicular inteligente en este lugar.

Esta investigación también considera las distintas tecnologías que existen para la detección de vehículos y la selección de una de estas que mejor se adapte con las características de las calles de Comayagüela, para finalmente desarrollar una simulación del mejor sistema que se puede implementar en la zona para la reducción del tráfico y el mejoramiento la ciudad.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Antecedentes

En los últimos 10 años, el país ha registrado un crecimiento considerable del parque vehicular, en el 2010 se contabilizaba un aproximado de 1 millón de vehículos a nivel nacional, para el 2016 se encontraban más de 1,500,000 autos a nivel nacional y para el 2020 se registran más de 2,200,000 vehículos que circulan en el territorio Hondureños, lo que indica un crecimiento aproximado del 120% del parque vehicular a nivel nacional y tan solo para el 2014 en las calles del Distrito Central circulaban más de 2570 vehículos por hora (Insitituto Nacional de Estadísticas, 2020).

A nivel nacional, las ciudades que registran la mayor cantidad de autos son las que componen el Distrito Central y alrededores, registrándose 532,460 vehículos entre Tegucigalpa y Comayagüela a finales del mes de abril del 2021, al compararlo con la población que reside en esta área, la cual es de 1.2 millones de habitante, significaría que el 44 % de la población podría tener un vehículo, sin embargo se debe considerar que algunas personas poseen más de un vehículo.

Para el 2019 se tenían 501,560 vehículos en el Distrito Central, lo que significa que entre el 2019 y parte del 2020 se registran 30,900 nuevos vehículos en la capital, esto representa un aumento del 6.16% del parque vehicular de la ciudad en los últimos años.

Por otro lado la Alcaldía Municipal del Distrito Central (AMDC) menciona que la capital cuenta con 2,000 Km de red vial, y cada año se registran nuevos barrios dado al crecimiento poblacional de la ciudad. En general se ha registrado una gran cantidad de obras y proyectos viales que brindan alivio del tráfico en ciertas zonas y que aun mitigado el caos vehicular que el crecimiento del parque vehicular podría haber generado, sin embargo aún no es suficiente para poder reducir los atascos en la ciudad.

Referente a la 10ma y 9na calles de Comayagüela se registra que estas vías fueron parte del proyecto de expansión urbana llevadas a cabo por la administración del Alcalde Narciso Mallol a principios de XIX. Estas fueron diseñadas para tener 12 varas de amplitud, lo que se aproxima a más de 10 metros.

Su distribución está diseñada para servir como conector de las Salidas principales hacia Comayagua y Olancho con el Centro de la Ciudad, Tegucigalpa y todas las colonias y barrios a sus alrededores, también las avenidas que atraviesan estas calles están destinadas para conectar el Centro de la ciudad con la zona sur y el aeropuerto Toncontín; de igual forma estas calles y avenidas conectan con los mercados capitalinos de San Ignacio, San Isidro, San Pablo, San Miguel Arcángel, Las Américas, etc.; donde se registra una gran cantidad de personas que llegan a comprar y vender por lo tanto el tráfico vehicular se aumenta en esta zona.

Debido a la ubicación de las calles y avenidas estas suelen saturarse de vehículos de diferentes índoles, durante la mañana se tienen personas yendo desde sus hogares en las colonias de Comayagüela a sus trabajos o lugares de estudio en Tegucigalpa y viceversa en la tarde y para un correcto control, estas calles poseen semáforos para poder regular el tráfico vehicular de la zona.

La estructura de la 10ma y 9na calles trabajan como una sola calle de doble vía, cada una adquiere una vía y sus intercepciones con las avenidas las cuales también poseen una vía con una sola dirección, a excepción de la 6ta y 7ma avenida, ya que estas si son doble vía. La 9na calle tiene una extensión 550 metros y es más corta que la 10ma calle, la cual tiene 1.6 km de extensión, esto debido a que se extiende a través de la colonia Bella Vista y conecta con el Boulevard del Norte más adelante, evitando las curvas del inicio de este mismo Boulevard.

Los semáforos ubicados en cada intersección están coordinados con la dirección de la calle y la vía de la avenida, por lo que cada avenida desde la 1era hasta la 5ta tienen semáforos con dos caras, y la 7ma y 6ta avenidas tienen semáforos con 3 caras ya que son avenidas con doble vía.

Actualmente en el país se registra un proyecto de semáforos inteligentes, este se ubica en la ciudad de San Pedro Sula, se presenta como un proyecto para el desarrollo de la ciudad sin embargo no se muestran mayores datos sobre cómo funcionan.

“Los semáforos inteligentes serán instalados en toda la 7ma calle noreste y noroeste, así como la 7ma calle sureste y suroeste y así como en el Boulevard hacia la Universidad Nacional Autónoma del Valle de Sula” (Pineda, 2018).

Este tipo de proyecto se ha llevado a cabo en muchos otros lugares, en Latinoamérica este tipo de investigaciones han sido llevadas a cabo mostrando un gran nivel de factibilidad, de acuerdo con Walter R. Guzmán, investigador de la Escuela Politécnica Nacional de Quito, La semaforización de vías urbanas es una actividad fundamental para que el tráfico urbano funcione con las menores demoras posibles (Guzmán W., 2013).

2.2 Definición del problema

De acuerdo con la Dirección Nacional de Vialidad y Transporte (DNVT) Honduras cuenta con un parque vehicular de más de dos millones de autos a nivel nacional, que presentó un aumento del 100% en los últimos 10 años; del total de autos a nivel nacional se registra que aproximadamente el 40% de los vehículos circula y reside entre las ciudades de Tegucigalpa y Comayagüela, lo que principalmente destaca es que el crecimiento de la infraestructura vial de la ciudad no registra mejoras a gran escala del tráfico generado.

En Comayagüela se tienen cortas distancia entre las calles y avenidas lo que limita la cantidad de autos que pueden permanecer en la fila y esto genera mayor congestión vehicular durante varias horas en el día, el control vehicular sobre la 10ma y 9na calle si existe y mantiene un orden determinado, sin embargo, dado el aumento del parque vehicular en los últimos años cada vez el método de control por semáforos se ve saturado con vehículos una mayor cantidad de conductores atravesando estas vías.

Estas calles son de suma importancia para la comunicación entre la Zona Este y Oeste del Distrito Central y muchos centros educativos, hospitales y estaciones de servicio públicos se encuentran ubicados en estas zonas, por lo tanto un sistema de control Inteligente puede ser una solución que permite mejora continua a largo plazo sin acudir a proyectos infraestructurales grandes.

2.3 Preguntas de Investigación

1. ¿Cuál sistema de semáforos Inteligente resulta ser más eficiente con respecto al consumo energético los que hacen uso de dispositivos de Video y procesamiento de imágenes digitales o los sistemas que usan el procesamiento sensorial?
2. Con base al rango de distancia captable por los sensores ¿cuál tipo de sensor resulta ser mejor aplicado para los semáforos inteligentes?
3. ¿Qué porcentaje de usuarios de la zona se verán beneficiados por este proyecto?
4. De acuerdo con la población ¿En qué porcentaje se espera que se reduzca los tiempos de espera en las filas con la implementación de un sistema de control de tráfico inteligente?

Dentro de la investigación también es importante conocer ¿Cuáles son los tiempos de espera promedio de los vehículos durante las horas pico? Esto para poder identificar en horas el flujo vehicular se ve más saturado y también es importante saber si ¿El tráfico, por la mañana, es mayor en la 10ma calle que por la tarde y viceversa con la 9na calle por la tarde?, esto para poder ver cual calle se llena más y en que horarios.

2.4 Hipótesis

H_1 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales consumen mayor energía que los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos.

H_2 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas con sensores ultrasónicos, Infrarrojos e inductivos.

H_3 Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes reducirá el tráfico en las calles en un 20%.

Tabla 1.1 *Conceptualización y Operatividad de las variables de Hipótesis.*

N°	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL

1	Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales consumen mayor energía que los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos.	Consumo energético de sistemas	El consumo energético es el gasto total de energía para un proceso determinado o en este caso de sistema. (Soria Energía, 2019)	Datos que se muestran en la hoja de especificaciones del fabricante.
		Tipo de sensores aplicables al sistema	Dispositivos capacitados para detectar acciones de estímulos externos como la detección de autos. (PrototipadoLAB, 2018)	Datos de especificaciones de fabricantes sobre los sensores en cuestión
2	Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas con sensores ultrasónicos, Infrarrojos e inductivos	Rango de detección en procesamiento de imágenes	Distancia máxima que a la que el sensor puede detectar un objeto.	Datos obtenidos de hojas de especificaciones.
		Rango de detección con sensores ultrasónicos	Distancia máxima que a la que el sensor puede detectar un objeto.	Datos obtenidos de hojas de especificaciones.
		Rango de detección con sensor magnético.	Distancia máxima que a la que el sensor puede detectar un objeto.	Datos obtenidos de hojas de especificaciones.
		Rango de detección con sensores de Infrarrojo.	Distancia máxima que a la que el sensor puede detectar un objeto.	Datos obtenidos de hojas de especificaciones.
3	Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes reducirá el tráfico en las calles en un 20%.	Reducción del tráfico	La reducción del tránsito se refiere al decrecimiento del volumen de circulación de los distintos tipos de vehículos en las diferentes vías de circulación. (Editorial Definición MX, 2015)	Observación de la velocidad de respuesta del sistema para descongestionar una vía.

Otras variables que se pueden mencionar y que no afectan la investigación son:

- Los tiempos de espera en las filas en horas pico.
- La distancia entre los semáforos.

2.5 Justificación

Con el aumento constante del parque vehicular en el país y el costo elevado para el desarrollo de proyectos infraestructurales viales en la zona, cada vez el congestionamiento en la zona afecta a miles de conductores y pasajeros de transporte público.

De igual forma la importancia de estas calles radica en la cercanía de estas con La Estación Central de Bomberos de Tegucigalpa, con el Hospital Medicasa, el Hospital policlínica y muchos negocios comerciales, así como medio de comunicación entre las zonas del Este y Oeste del Distrito Central y sus salidas a hacia otras ciudades. Como dato real, es importante tener en cuenta que el tráfico es mayor por la mañana en la 10ma calle y por la tarde es mayor en la 9na calle, esto sucede debido a que el área de Comayagüela suele ser una zona de hogares, mientras que el lado de Tegucigalpa son zonas de trabajo, por lo tanto el tráfico se mueve en base a las horas de entrada y salida de los trabajadores.

De igual forma, los tiempos de espera en las filas para poder cruzar de lado a lado, suelen superar los 5 minutos, una de las razones porque este dato es importante, es debido a que las calles tienen corta distancia, por lo tanto el recorrido debería ser más corto para los vehículos.

Debido a estas razones se presenta una propuesta simulada de un dispositivo tecnológico que sea capaz de controlar el tráfico de forma inteligente siempre con ayuda de los semáforos y con aplicación de sensores para la detección de vehículos, este sistema estará basado en el estudio de ciertas características de la zona para poder implementar los dispositivos que mejor se adapten, y de esa forma ayudar a regular y mitigar el colapso generado por el congestionamiento en la zona, así como fomentar un sentido de ciudad Inteligente.

La reducción de tiempos de espera en el tráfico en esta zona es conveniente, ya que implicará que las personas se transporten de forma más fluida y que disminuyan los niveles de contaminación ambiental generada por el consumo extra de combustibles, así

como la contaminación auditiva y visual que genera una multitud de autos; esto a largo plazo puede venir a beneficiar el estilo de vida y salud de las personas en la zona así como una fomentar el crecimiento de una ciudad más tecnológica y en comunicación con la ciudadanía.

A un mayor nivel, los resultados de la investigación brindaran información útil que puede llevarse a otros proyectos similares aplicables en otras zonas y ciudades del país dando un mayor valor a la implementación de nuevas tecnologías en el país, de igual forma la implementación de este proyecto demuestra la capacidad de mejoramiento de la calidad de vida en la ciudad y propensa la inversión en distintas áreas del lugar.

Por último, las personas que mayor se verían beneficiadas por el proyecto serán los residentes de la ciudad de Comayagüela, superando el 70% del total de beneficiados que el proyecto puede tener.

CAPÍTULO III: OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Identificar los elementos de un sistema de control de tráfico vehicular inteligente que garanticen una mejor regulación del tráfico en la 9na y 10ma calles de Comayagüela mediante el estudio de ciertas características del tráfico en la zona.

3.2 Objetivo Específico

- I. Determinar los dispositivos sensoriales del sistema de control de tráfico inteligente que mejor desempeño muestren en cuanto a rango de detección de objetos, consumo energético y costo de este.
- II. Analizar el nivel de aceptación del proyecto por parte de la población en cuestión y el porcentaje de población que se beneficiará del proyecto.
- III. Desarrollar simulaciones con los sensores propuestos para determinar la eficiencia de estos en condiciones ideales.

CAPÍTULO IV: MARCO TEÓRICO

4.1 Desarrollo histórico urbanístico de la zona

Las avenidas y calles de Comayagüela tienen una historia que se remonta a varios cientos de años atrás, su existencia se debe al proyecto de expansión urbana llevado a cabo en esta zona de Comayagüela durante la administración del alcalde Narciso Mallol, de igual forma fueron de gran influencia en el desarrollo de estas calles la reforma liberal y la creación de espacios públicos del siglo XIX. (Zuniga, 2014).

Luego de la creación de estas calles y avenidas, para 1845 se generaron avances en la infraestructura de las calles, empleándolas más y fomentando la necesidad de los pobladores de lograr hacer que Comayagüela se convirtiera en una Villa, para 1847 se le solicitó a los pobladores que vivían en estas calles y avenidas que empedradora el frente de sus propiedades, en ese mismo año decidió dar 12 varas de ancho a la calle Real y 10 varas de ancho a las demás calles, sin embargo fue gracias a la solicitud propuesta por el ciudadano Pedro Jerónimo Reina y de esta forma se comenzó a dar forma de una metrópolis inspirada en un concepto de Ciudad Moderna.

Esta zona en su época resultó ser de suma importancia y albergaba grandes casas de adobe, las cuales eran de personajes de gran importancia del país. La participación mundial de Honduras y su modernización institucional a través de las reformas liberales de 1876 ayudaron a impulsar una nueva etapa en el desarrollo de la ciudad de Comayagüela. Con esta reforma se buscaba hacer del país un lugar más comercial y financiero, y para eso la comunicación entre las zonas de comercio era de suma importancia y es ahí donde entra las calles y avenidas de Comayagüela como puente de articulación entre Tegucigalpa y el puerto

de Amapala. Otro evento que propicio y fortaleció el desarrollo urbano de Comayagüela fue la construcción del aeropuerto Toncontín que se ubica en Comayagüela.

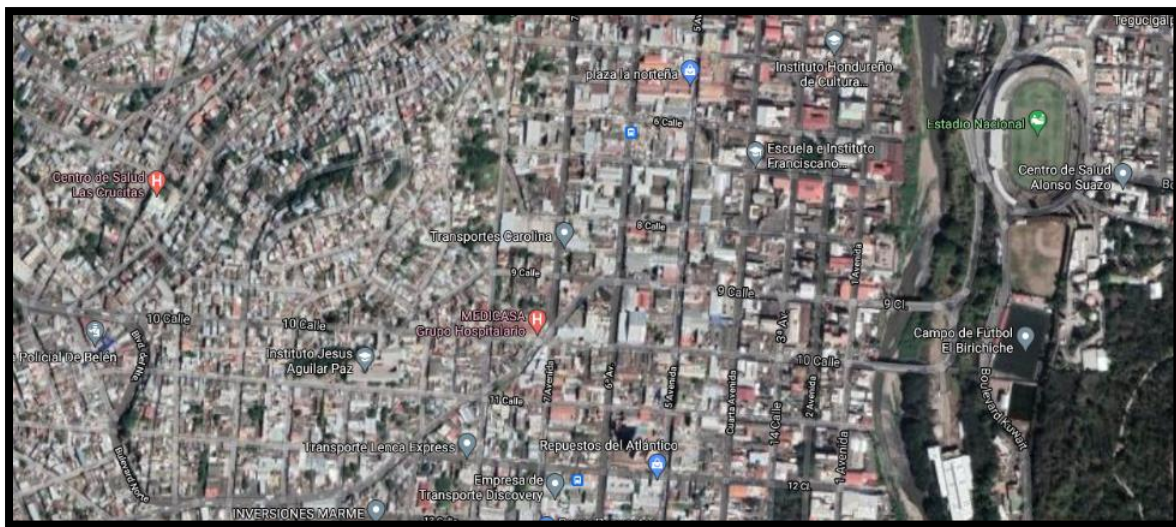


Figura 4.1 Mapa Satelital de la zona de Comayagüela (Google Maps, 2021)

4.2 Infraestructura vial de la 10ma y 9na calles en la actualidad

La zona de interés está ubicada en Comayagüela, en especial entre la 9na y 10ma calles, las cuales están cruzadas por la 1ra, 2da, 3era, 4ta, 5ta, 6ta y 7ma avenidas cada una.

10ma calle

Esta se caracteriza por estar compuesta por la parte alta que atraviesa una colonia y donde no cuenta con semáforos y la parte baja que cuenta con 6 bloques los cuales se conectan con las avenidas de la 1ra hasta la 7ma, en cada intercepción de estas se encuentra un semáforo.

Esta avenida se conecta con el Boulevard del Norte pasando por la Colonia Bella Vista y llegando hasta la primera avenida donde se conecta al Puente Francisco Morazán, también conocido como El puente de Metal. Tiene una extensión total de 1.6 km, y resulta ser la calle de Comayagüela más larga que existe. Esta es una calle de un sol sentido desde Este a Oeste.

9na Calle

La Novena calle esta contiguo a la décima y la octava calles, al igual que la octava se ve interceptada por 8 avenidas desde la primera avenida hasta la 8va avenida. Esta tiene una distancia aproximada de 550 metros, en su punto final hacia el norte se conecta con la 8va avenida de Comayagüela y en su punto final hacia el sur se conecta con el Puente Juan Ramón Molina que dirige a la Tegucigalpa, esta es una calle de un solo sentido, de oeste a este.

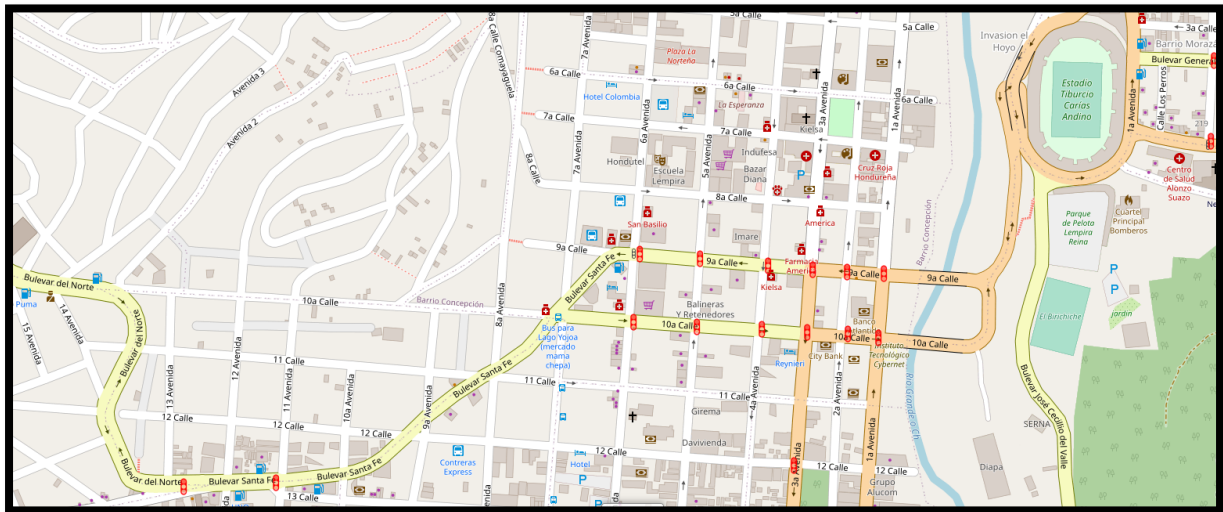


Figura 4.2 Mapa de Infraestructura vial de la zona. (AMDC, 2021)

4.3 Normas y leyes de Tráfico en Honduras

Dentro de la Ley de Tránsito de Honduras se consideran ciertas normas y términos sobre los Semáforos, la comprensión de esta información se considera importante para la presentación de una propuesta correcta de acuerdo con las normas del país en cuestión. De acuerdo con el Poder Judicial de Honduras (Poder Judicial de Honduras, 2005) en la ley de Tránsito se menciona que el cruce en el cual existe un semáforo funcionando o hay un policía regulando el tránsito es considerado un “Cruce Regulado”.

Es por eso por lo que en la 10ma y 9na calle de Comayagüela se cuentan con estos dispositivos de control vehicular, para poder regular un cruce. Como termino se comprende que un semáforo es un dispositivo de control vehicular, este término también es considerado por la Ley de Tránsito del país. De igual forma el Poder Judicial mediante la Ley de Tránsito (Poder Judicial de Honduras, 2005) afirma: “Es prohibido a los conductores de vehículos seguir la marcha cuando el semáforo con luz autorizada permita el ingreso al área de la

intersección, obstaculizando el tránsito a los vehículos que se aproximan por las vías transversales.” (p.34)

Este mismo documento legal del Poder Judicial (2005) en su artículo 98 establece que es prohibido o considerado como falta grave la o Infracción grave irrespetar la señal de luz roja o alto de los semáforos así como la de cualquier otro instrumento de control de tráfico.

Algunas normas que se destacan en el documento oficial son las siguientes:

- Mantenga la velocidad continúa señalada para cada arteria.
- Ocupe correctamente su carril de circulación.
- Detenga su vehículo antes de la Zona de Seguridad Peatonal.
- Reinicie la marcha con la prontitud del caso.
- Cuando le indique alto (rojo) ejecute la señal de mano correspondiente que indique precaución.
- Deténgase antes de la zona de seguridad.
- Detenga la marcha del vehículo suavemente y en el carril respectivo.
- No muestre indecisión al acercarse a la luz verde que le indica pase derecho de vía.
- No pase la luz amarilla (de precaución) cuando le sorprenda a distancia insegura.
- Pase a la luz amarilla cuando le sorprenda en el cruce de la boca-calle. (Elvir, 1993).

4.4 El Parque Vehicular de Honduras

4.4.1 Definición de Parque vehicular

Por parque vehicular se comprende como el número de unidades vehiculares registradas por los gobiernos mediante alguna institución dedicada a las normas estadísticas de crecimiento del mismo país. Este término puede ser detectado por varias áreas, desde los tipos de vehículos y los servicios que dan, así como la producción, venta importación y exportación a nivel nacional.

De acuerdo con el INE de Honduras por el término parque vehicular se comprende como: “Lo que componen todos los vehículos de carretera matriculados y autorizados para utilizar las carreteras abiertas a la circulación pública en un año determinado” (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018)

4.4.2 Desarrollo del Parque Vehicular de Honduras

Dentro del estudio presentado a finales del año 2015 por el Instituto Nacional de Estadísticas se presentan los movimientos del parque vehicular de 5 años previos a la fecha.

De acuerdo con el INE (2018) los datos de mayor interés son los índices de crecimiento de estos productos, para el 2015 el parque vehicular en el país aumentó hasta llegar a 1, 416,678 unidades, 300,000 más que el año 2011. Sin embargo, para el 2019, de acuerdo con datos publicados por el diario El País en su página principal, el parque vehicular a nivel nacional llegó a sus dos millones de unidades, lo que hace referencia a un crecimiento de más de medio millón de unidades vehiculares, de donde un aproximado de 800,000 son vehículos pertenecientes a la capital.

Algo que también se recalca y lo afirma Redacción El País (2020) el principal problema de la ciudad no es el aumento de vehículos, si no la infraestructura dedicada a estos, lo cual sumado la falta de estructura vehicula suele ser de gran problema para la contingencia del problema planteado.

4.4.3 Parque vehicular de Honduras en base al tipo de vehículos

De acuerdo a datos extraídos desde documentos oficiales del INE (2018) y del Instituto de la Propiedad (IP), se registra que el parque vehicular se divide en 8 categorías Pick Up y jeep, Turismo, Motocicletas, Camionetas de Lujo y trabajo, Camiones, Buses y similares, Vehículos pesados y otras categorías.

Para el 2018 el tipo de vehículo que mayor se registra es el de las motocicletas con un total de más de 760,000 motocicletas para el 2018, lo que representa un 41.1% del total de vehículos a nivel nacional. En segundo lugar resalta los vehículos Turismo con un porcentaje de 18.8% y en tercer lugar los vehículos Pick Up y jeeps con un porcentaje de 20.7% (Instituto Nacional de Estadísticas, 2018).

4.5 Sistemas de control vehicular con Semáforos

4.5.1 Desarrollo Histórico de los Semáforos

La invención del semáforo llegó a finales de la década de 1860 gracias al Ingeniero inglés John Peake Knight, su inspiración proviene de los trenes, dado que Knight era el encargado de un sistema de señalamiento para los trenes el cual resultó ser de mucha utilidad en las calles.

En un principio se utilizaban semáforos basados en brazos, los cuales, en base a la posición de estos brazos, si estaban horizontales significaba que los autos debían de detenerse, por lo contrario, si estaban inclinados era para dar a entender que debían avanzar.

Este proceso se realizaba durante el día y en las noches se utilizaban luces rojas para indicar la señal de alto y luces verdes para hacer que avanzaran, estas luces eran controladas por los policías, para 1868 el primer semáforo a gas fue instalado en el centro de Londres con un gran éxito de aprobación y funcionamiento.

Este primer avance fue opacado debido a que el uso de gas resultó en accidente haciendo que explotara una de las lámparas, volviendo la idea discontinuada. Posteriormente

en 1914 volvió a resurgir en los Estados Unidos, cuando los problemas del tráfico eran más significativos y ya se contaba con el uso de la electricidad para uso doméstico.

Estos semáforos reproducen el código de colores del sistema ferroviario: rojo significa alto, verde significa precaución y blanco significa adelante. Este último causó muchos problemas de seguridad, por lo que decidieron hacer cambios. El color rojo relacionado con la sangre y el peligro se ha mantenido para dar sentido de alto. El Verde relacionado con la salud y la naturaleza, significa que puede pasar. El blanco se cambió a amarillo el cual está relacionado con el sol porque es más fácil de ver desde la distancia y también para calmar al conductor.

“Para 1961 llegó el semáforo para peatones, el cual contaba con un muñeco en movimiento para representar el avance de los peatones y una luz roja para alto.” (Cachaldora, 2017).

4.5.2 Tipos de semáforos existentes

En estos días ya existen diferentes tipos de semáforos; Algunos funcionan por tiempo, y están configurados para cambiar la luz dentro de un cierto período de tiempo, pero cada vez más personas optan por controlar el centro para ajustar el tráfico a través de algoritmos para hacer que el flujo de ciertas áreas sea más suave. (Cachaldora, 2017)

Los semáforos se pueden clasificar de acuerdo con la función pretenden funcionar:

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

En especial los semáforos para el control de tránsito de vehículos se pueden clasificar de la siguiente forma:

- Semáforos de tiempos fijos o predeterminados
- Semáforos accionados o activados por el tránsito: Este último se puede clasificar de la siguiente forma:

- Totalmente accionados: estos están diseñados para basarse de acuerdo con las necesidades del tránsito.
- Parcialmente accionados: estos son semi dependientes del tránsito (Vives, 2015).

4.5.3 Teoría de señalización de los semáforos

División del tiempo total de ciclos y fases existentes en semáforos

Dentro del proceso de trabajo del semáforo se encuentran diferentes fases, estas fases son las que ayudan a cumplir el ciclo completo de trabajo del semáforo.

Las fases de los semáforos son las partes que completan los ciclos, estas fases son los movimientos que se realizan para controlar el tráfico. El orden con el cual se preestablecen las fases son conocidas como las secuencias de operación del semáforo; esta secuencia es fija y se establece mediante programación en un controlador el cual cuenta con los actuadores.

A continuación, se muestra una imagen donde se controlan dos fases en representación de una intercepción con vías unidireccionales y un cruce de peatones.

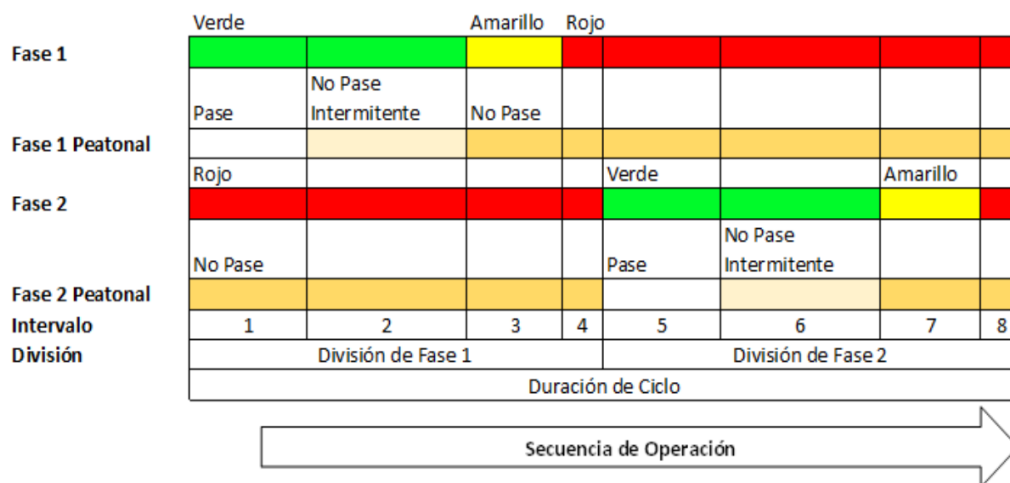


Figura 4.3 Intervalos de cambio de Indicadores (Castro, 2017)

Una de las secuencias más comunes que se proponen es de las siguientes:

Rojo-Verde-Amarillo-Rojo

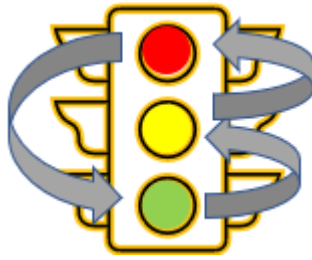


Figura 4.4 Demostración de la secuencia de encendido de semáforos (Figura Propia)

La división del tiempo en los semáforos actualmente se registra de la siguiente forma:

Tabla 4.1 *División de Ciclos en semáforo de 10ma calle y 6ta avenida.*

	No Pasar		Pasar	Disminuir Velocidad
Semáforo 1	39 Seg		37 Seg	3Seg
	Pasar	Disminuir Velocidad	No Pasar	
Semáforo 2	37 Seg	3 Seg	39 Seg	

4.6 Sistemas Inteligentes de Transporte

Si bien es cierto que el flujo vehicular depende de varias variables que determinan el congestionamiento de las vías y el aumento de accidentes, este se puede llegar a regular en base al nivel de control que se tenga de esas mismas variables.

El desarrollo de sistemas de regulación de tráfico se data de 1860 con la invención de los semáforos, estos se han convertido en Sistemas de Control de Tráfico los cuales se pueden comprender como un conjunto de herramientas para la regulación del tráfico.

Con el desarrollo y avance de las tecnologías, cada día se tienen mayores cantidades de vehículos en las calles, algo que se ha experimentado en la ciudad del Distrito Central con el aumento del parque vehicular en los últimos 10 años, lo cual atrae mayores posibilidades de congestionamiento vial, lo que conlleva a varias consecuencias; sin embargo, así como aumentan la cantidad de vehículos debido al desarrollo tecnológico también se desarrollan varias tecnologías que ayudan al control y automatización de varios sistemas, incluido los sistemas de control de tráfico, convirtiéndolos, de esta forma en sistemas inteligentes.

Los sistemas de control vehicular inteligentes o Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS, por sus siglas en inglés Intelligent Transportation Systems) son sistemas que de acuerdo con Méndez (2009) se conforma de un conjunto de tecnologías modernas dispuestas de tal forma que ayuden a mejorar los sistemas de control vehicular comunes, esto se relaciona directamente con los procesos de modernización y automatización. Básicamente estos sistemas se vuelven inteligentes cuando en su proceso de control se le incluye una retroalimentación de datos para la toma de decisiones. Los Elementos de control pueden variar, pero para el proceso de regulación de tráfico mediante semáforos inteligentes se pueden determinar basados en las necesidades del ambiente.

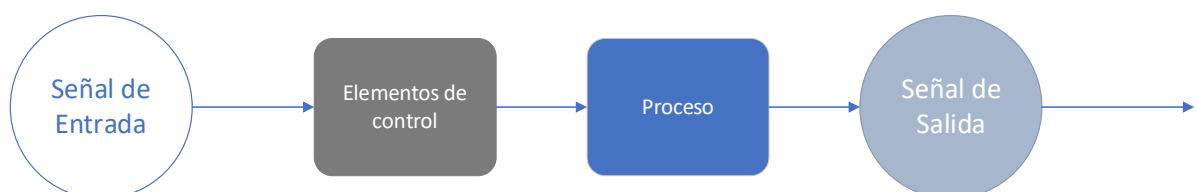


Figura 4.5 Lazo de control de semáforo común (Figura Propia)

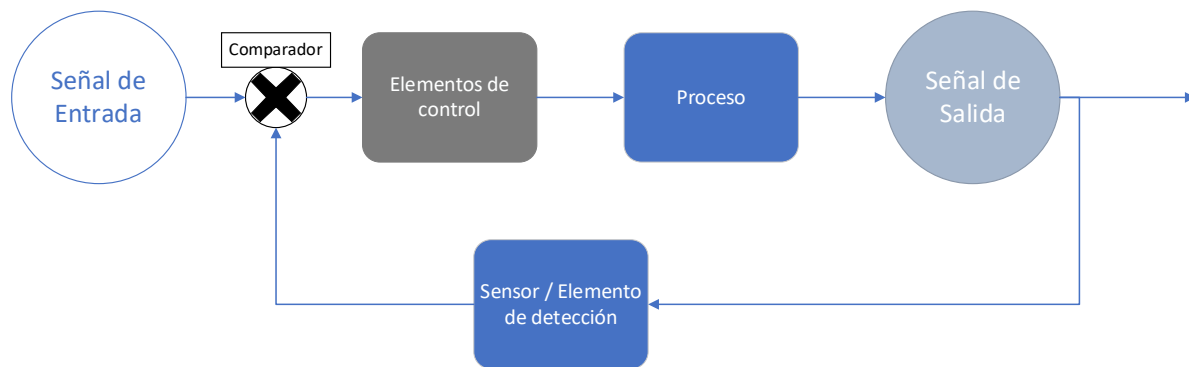


Figura 4.6 Lazo de control de semáforo Inteligente (Figura Propia)

4.6.1 Métodos de detección de Vehículos

Los semáforos con métodos de detección son los más eficientes en la actualidad, en este caso son los que se pretenden realizar para poder llegar al objetivo final en el proyecto.

El proceso de detección es simple se utilizan sensores para poder identificar los vehículos en el tráfico y las zonas en las que crece y en base a los datos recogidos se implementa la mejor regla para poder controlar el tráfico, esto mediante dispositivos reguladores que hace que los actuadores realicen el trabajo de control.

4.6.1.1 Detector de Presencias

Estos detectores son capaces de identificar presencias de vehículos en movimiento o en esta estático. En este caso los vehículos detectados envían una solicitud al semáforo, para que este les permita avanzar, existen diferentes modos o combinaciones de solicitudes.

- **Solicitud y extensión:** “En esta los autos los autos envían una solicitud para poder pasar en cualquier momento” (Castro, 2017).
- **Sólo solicitud:** “En este caso los autos envían solicitudes de paso durante la fase en rojo” (Castro, 2017).
- **Solicitud con Retraso:** “El vehículo genera una solicitud de pase solo después de que ha transcurrido un tiempo de retardo predeterminado, esto para permitir el paso de vehículo en la fase que se encuentra en verde” (Castro, 2017).

- **Solicitud con retraso y extensión inmediata:** “El vehículo solo generará una solicitud de aprobación después de un tiempo de retraso predeterminado, a menos que la solicitud provenga de un detector en la fase verde. En este caso, la solicitud se generará de inmediato” (Castro, 2017).

4.6.1.2 Detectores por Pulso

Este tipo de detección como se menciona utiliza pulsos que indican la presencia de un vehículo; lo que este método realiza es un modo de funcionamiento en el que el detector genera pulsos cortos como señal cuando se produce la detección.

Existen diferentes tipos configuración de este método:

- **Sólo Extensión:** en este caso los autos generan una solicitud de paso solo durante la fase de pase Verde.
- **Muestreo:** En este caso no se genera un control de tráfico, en este caso se genera una solicitud de paso en cualquier momento, pero esta información solo se aplica para datos estadísticos.

4.6.1.3 Detección preferente

Este tipo de métodos de detección están determinados para ocupaciones especiales. Con este método se utiliza un dispositivo PVE que significa Preferente de Vehículos de Emergencia, este hace una solicitud del controlador del semáforo el paso preferencial en la fase que ha detectado un vehículo de emergencia con los códigos de emergencia activados.

En base a información que afirma el investigador Castro (2017) este método puede incluir dos tipos de detección uno óptico, mediante la detección de luces estroboscópicas a frecuencias especiales, luego está el sónico, que detecta sirenas de vehículos de emergencia que se aproximan por medio de micrófonos direccionales.

4.6.1.4 Detección mediante tecnología RFID

La tecnología de Identificación de Radio Frecuencia es capaz de identificar objetos de forma inalámbrica, esta es una tecnología utilizada comúnmente en la lectura laser de códigos de barra. Esta tecnología utiliza un transponedor fijo y este transmite los datos que contiene cuando detecta que está siendo interrogado por un lector RFID.

Este tipo de sistema está conformado de cuatro partes esenciales, tienen una tarjeta RFID, un punto de acceso, el servidor de redes y WAN, a esto se le debe sumar una base de datos la cual tiene la finalidad de ser utilizada para poder realizar el control del sistema, está por ende resulta ser una base de datos centralizada.

Básicamente su funcionamiento es que los sensores detectan la ubicación y el tiempo de cada vehículo y se guarda como una etiqueta que puede ser referenciada mediante un identificador. La comunicación entre el sensor ubicado en el semáforo y los autos es mediante internet, y para que los autos puedan ser detectados requieren tener un receptor en cada vehículo, de esta forma se garantiza la detección de este.

Una ventaja del uso de detectores mediante RFID es que el sistema en conjunto puede aprender las decisiones a tomar en ciertas situaciones, de esta forma se pueden generar escenarios mediante la detección de variantes en el flujo vehicular.

- Determinar el patrón de circulación de vehículos en un determinado día.
- Determinar la secuencia más eficaz.
- Identificar la ruta más activa.

“La única desventaja de este sistema es que cada vehículo deberá tener una etiqueta de tipo RFID” (Carbajal Mingol & Salas Montenegro, 2017) .

4.6.2 Semáforos Inteligentes mediante redes de Sensores para detección de Vehículos

Para la creación de una red de sensores para la detección de vehículos se deben considerar 2 partes esenciales, la primera es la línea de sensores utilizados y ubicados en la

zona a censar y la segunda es el lugar de destino de la información recolectada, o sea una base de datos esta a su vez debe ser capaz de ejecutar los algoritmos de control.

En si las redes de control de tráfico son sistemas que constan de una red de sensores inalámbricos o un conjunto de sensores inalámbricos los cuales se diseñan para proporcionar la infraestructura de comunicación de tráfico y así facilitar el flujo de autos en la zona implementada.

Esta red de sensores se encarga de identificar la cantidad de autos que atraviesa la avenida o calle, así como cuantos salen, la velocidad de cada vehículo, así como su longitud, entre otros lados.

La comunicación con la base de datos es esencial por eso se implementas tecnologías como el bluetooth, ZigBee y GPRS (servicio general de paquetes vía radio). La tecnología bluetooth para este tipo de sistema fue propuesta por Silva Henao y Pedraza Vega, en su libro “Uso de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular” explican una propuesta de tecnologías emergentes para el monitoreo de tráfico vehicular, en donde se hace énfasis en una arquitectura propuesta utilizando bluetooth para poder identificar los autos en las calles.

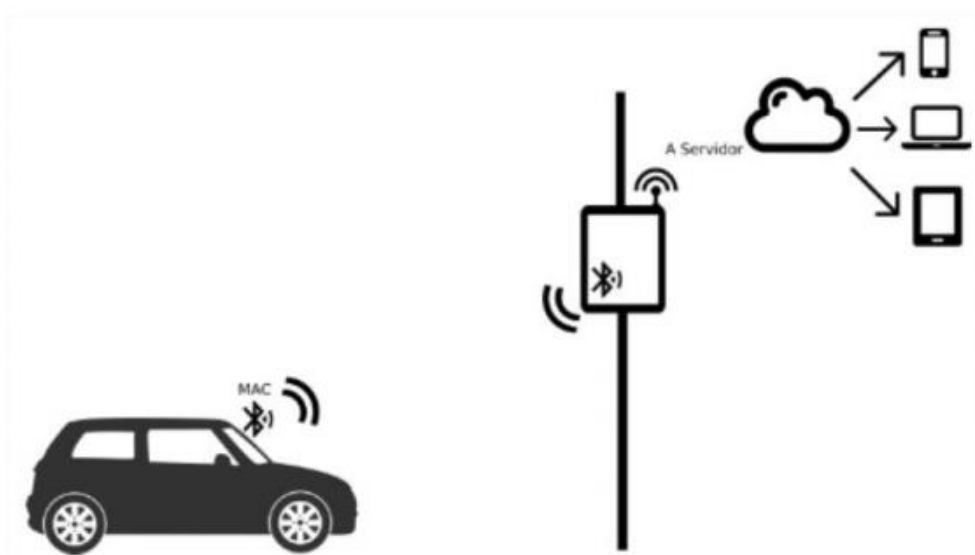


Figura 4.7 Esquema de lectura por medio de tecnología Bluetooth (Castro, 2017)

Por otro lado, los sistemas que implementan los métodos de comunicación por ZigBee utilizan un protocolo de comunicación inalámbrica de bajo consumo de energía, este también se caracteriza por ser bajo costo y tener una vida prolongada, una de sus ventajas es que tiene una baja tasa de envío de datos, sin embargo, este se encuentra abalado por la norma IEEE 802.15.4 por la confiabilidad de transmisión de datos.

Por último, como afirma Montenegro y Mingol (2017) “los GPRS son muy conocidos por su alta velocidad en la transmisión de datos lo que permite una conexión constante con los servicios de internet a un costo razonable” (p.123).

Existen diferentes tipos de sensores que pueden ser utilizados para el procesamiento de información de vehículos, a continuación, se resaltan tres importantes en el área si n incluir el procesamiento de imágenes digitales y cámaras, ya que de este se habla más adelante.

4.6.2.1 Aplicaciones con sensores Inductivos

Magnetómetro

Estos sistemas cuentan con sensores magnetómetros capaces de detectar grandes objetos ferrosos, esto mediante detección pasiva. Lo que el magnetómetro hace es medir la diferencia en el campo magnético terrestre al verse afectado por alguna pieza de metal de gran tamaño.

Su desarrollo ha permitido una gran ventaja, dado que son de pequeño tamaño y pueden colocarse en áreas donde no serán afectados por factores del ambiente. Una desventaja de los sistemas de control que involucran estos dispositivos de acuerdo con lo afirmado por Castro (2017) es que “necesitan de un sistema de procesamiento de información muy complejo, lo que hace que su precio se eleve y sea una desventaja para su implementación” (p.103).

Sensor magnético

Este sensor es de diseño simple, su funcionamiento es parecido al del magnetómetro, este detecta una fuente de campo magnético a una distancia considerada medianamente grande y en base a la intensidad del campo magnético puede variar esa distancia.

Para el proceso de detección este objeto realiza una conmutación mecánica entre dos alambres que al detectar el campo magnético se conectan y permiten un flujo de corriente.

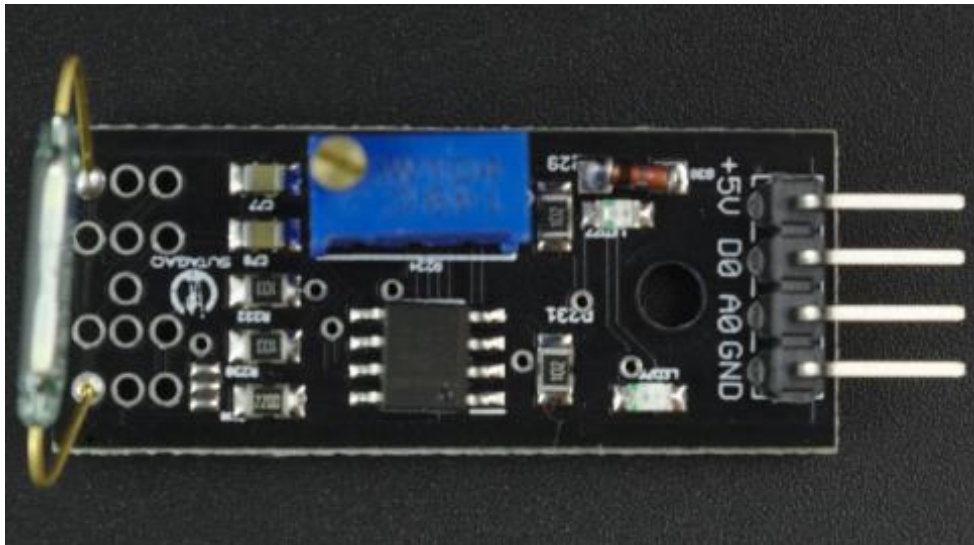


Figura 4.8 Sensor KY-21 (Sutagao, 2019)

4.6.2.2 Aplicación con detectores de radar

Los sensores o detectores de radar son especialmente utilizados en áreas al aire libre dado que presentan un mayor alcance de detección. Su modo de detección involucra la generación de ondas propias para poder identificar cambios de objetos o movimientos en un área en específico.

Una de las principales ventajas de este dispositivo es que su lectura no se ve afectada por condiciones naturales como lluvia, viento, neblina, luz, temperatura o humedad; es por eso por lo que resultan de buen uso al aire libre. Otra ventaja de los sistemas de control vehicular que involucran este tipo de sistemas de detección es que no requieren cambios drásticos en el área de instalación dado que se pueden ubicar en postes o paredes ya existentes en el área.

De igual forma estos sistemas son capaces de detectar vehículos en movimiento y los que están estacionados, lo que puede ayudar a mejorar la eficiencia de este proceso.

“Una desventaja es su precio elevado de utilización” (Castro, 2017) .

Sensores ultrasónicos

Este funciona de la misma forma que el detector de radar genera un campo ultrasónico que detecta objetos que están cruzándolo en ese momento, es igual de ventajoso que el uso de sensores de radar dado que se pueden instalar en áreas ya establecidas y no incurrir en gastos extras en instalaciones de postes especiales o cambios radicales en el ambiente.

Este tipo de dispositivo a diferencia del sensor de radar puede ser más sensible al momento de detectar objetos y se puede ver alterado por ciertos fenómenos ambientales, de igual forma su aplicación en sistemas de control vehicular requiere de la implantación de procesos complejos para el procesamiento de información para que el sistema actúe de acuerdo con las necesidades. (Castro, 2017)



Figura 4.9 Sensor Ultrasónico HC-SR04 (ElectronicMade, 2020)

Sensor Infrarrojo

Muchos sistemas de control de tráfico suelen aplicar este tipo de sensores, para poder obtener la detección de un automóvil. Este estilo de sensores son considerados no intrusivos, dado que no invaden espacio sobre las calles, estos sensores son capaces de poder identificar la velocidad y el volumen que puede llegar a tener el vehículo.

“Su funcionamiento se basa en un elemento sensible a luz que convierte esa energía reflejada en señales eléctricas las cuales se utilizan para la detección de los objetos” (Hevia Villanueva, 2019)



Figura 4.10 Sensor Infrarrojo FC-51 (Ahedo, 2019)

Tabla 4.2 Clasificación de Sensores (Guzmán W. Á., 2013)

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

4.6.3 Semáforos Inteligentes mediante el Procesamiento de Imágenes

El procesamiento de Imágenes resulta ser de mucha utilidad en los sistemas de control con semáforos, esto debido a que en muchos países ya se utiliza el procesamiento de imágenes para poder controlar ciertas acciones de los conductores, como por ejemplo para poder identificar la placa de un vehículo que ha cruzado una luz roja del semáforo.

En general el proceso se basa en la captura de la sección de calle a controlar totalmente vacía, esto para poder tener una imagen de referencia sobre la cual se deslizarán los vehículos, ya después se captura una imagen con el tráfico actual.

Ambas imágenes se deben convertir a formato RGB a una escala de grises y se mejor la imagen. Posteriormente se busca la coincidencia entre la imagen de referencia con la calle vacía y la imagen actual del tráfico, y mediante el método de detección morfológico, el cual requiere menos procesamiento de imagen en el computador, se extraen los bordes independientes para poder ubicar los autos.

“De esta forma en base a la cantidad de autos ubicados en la imagen es posible definir los tiempos de espera para cada luz en el semáforo y así descongestionar el tráfico” (Carbajal Mingol & Salas Montenegro, 2017).

Pixy 2 Cam

Un dispositivo compatible con las placas de Arduino es la cámara Pixy 2 CMUCam, este dispositivo es un sensor de imágenes, cuenta con un procesador capaz de programarse para que detecte los objetos que se requieran en la aplicación, también es capaz de detectar diferentes tonos de colores y saturaciones lo cual lo hace un excelente dispositivo para aplicaciones con exposición.



Figura 4.11 Cámara Pixy2 Cam

4.6.4 Semáforos Inteligentes mediante Inteligencia Artificial

El desarrollo de dispositivos de control vehicular inteligentes mediante el uso de inteligencia artificial resulta en la aplicación de ciertas teorías y métodos de control en los sistemas de semáforos, para que estos se han capaces de actuar mediante el aprendizaje de situaciones continuamente.

“Los semáforos inteligentes mediante inteligencia artificial se pueden tener varios enfoques, dentro de los que destacan el uso de la teoría de colas, algoritmos, y la teoría de lógica difusa” (Carbajal Mingol & Salas Montenegro, 2017).

4.6.4.1 Teoría de Colas

Previo a definir la teoría de colas primero se debe tener en cuenta el concepto de sistema de colas; Un sistema de colas se puede interpretar como un conjunto de objetos que llegan a un lugar para realizar un proceso y deben someterse a un ser regulados para poder ser

procesados, si se lleva este término al tema en cuestión, es posible comprender un sistema de colas como un conjunto de autos regulados para poder pasar una intercepción.

Ahora, un sistema de colas involucra ciertas características para poder tener en cuenta al momento de su análisis y estas son:

- Patrón de llegada
- Patrón de servicio
- Disciplina de Cola
- Capacidad del Sistema
- Número de canales de Servicio
- Número de etapas de servicio
- Posible población de objetos.

De acuerdo con lo presentado por Sabater (2015) en si la teoría de colas se basa en buscar métodos para poder reducir los tiempos de espera en las filas, normalmente estos métodos suelen ser basados en cálculos matemáticos. En esencia la teoría de colas busca demostrar una imagen clara del porque la existencia de una cola en un proceso y que método implementar para reducir esa cola.

Los semáforos que utilizan la teoría de colas para su control aplican un software basado en las diversas estadísticas, sin embargo, siempre se requiere de un sistema de detección, esto se puede hacer utilizando sensores, para poder medir la cantidad de autos en las filas y en base a esta información el software calcula los tiempos de espera estimado, la relación entre la demanda y la capacidad de acceso y la longitud media de las colas.

Esta información es procesada por el software el cual luego toma la decisión de a dónde dirigir su atención para poder descongestionar el tráfico, incluso puede estar en comunicación con otros semáforos para poder dirigir el tráfico a una zona en específico.

4.7 Descripción de Dispositivos utilizados para la simulación

Como se menciona anteriormente, el diseño de la simulación cuenta con tres partes, los dispositivos de detección que en este caso se determinará en base a los resultados de la investigación, luego está el elemento de control o regulación, el cual será llevado a cabo por el microprocesador de Arduino uno; por último los elementos de actuación que son los que responderán frente a los cambios del regulador, estos estarán siendo aplicados por las luces de los semáforos.

De igual forma se consideran otras partes como el sistema de comunicación entre los sensores y el regulador, el cual para poder reducir el uso de cableado y gastos por instalación, se considera utilizar comunicación inalámbrica, para esta parte se aplicarán los módulos Xbee, los cuales ayudarán a establecer una comunicación con los sensores y de esta forma poder regular los tiempos de espera del semáforo.

Elementos de detección: Se determinará en los resultados de investigación cuál de los siguientes sensores es el más adecuado para esta aplicación.

- Sensor Infrarrojo (FC-51)
- Sensor Ultrasónico (HC-SR04)
- Sensor magnético (KY-021)
- Procesamiento de Imágenes (Cámara Pixy2)

Elementos de Regulación y Control:

- Arduino Uno
- Arduino Nano
- Módulo Xbee

Elementos de Actuación:

- Semáforos

4.7.1 Programas utilizados

4.7.1.1 Programa de simulación

Debido a las facilidades que el software y hardware de Arduino proporcionan se decide utilizar dispositivos compatibles con estos elementos para poder llevar a cabo el diseño del sistema, es por eso por lo que también se acude al Software de simulación de circuitos electrónicos de Proteus, dado que este permite utilizar librerías de Arduino y simular sus dispositivos dentro de su entorno.

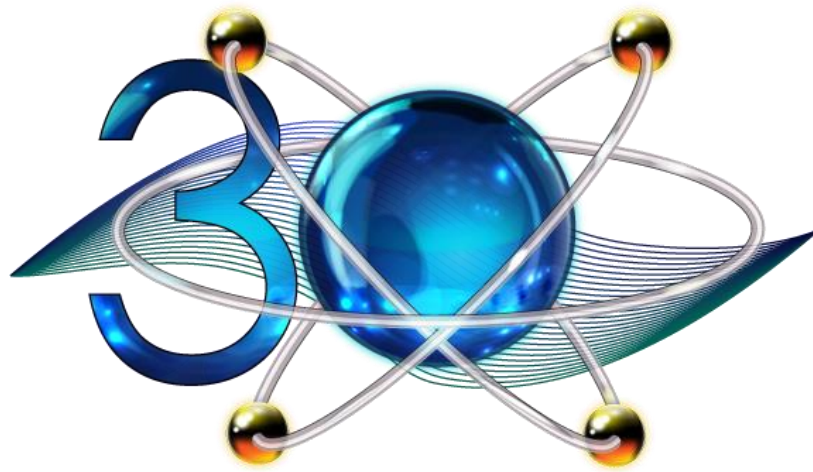


Figura 4.12 Logo de Proteus (2021)

Para poder simular la comunicación entre estos dispositivos se debe utilizar un Puerto Serial Virtual, este replica la acción de comunicación entre los módulos Xbee en cada parte del circuito. Para este caso se utilizará el programa “Virtual COM Port Driver”; su aplicación es sencilla y solo requiere de seleccionar los puertos que se deseen conectar virtualmente y configurarlo de esa misma forma en los simuladores, así se obtendrá la comunicación entre las simulaciones.

4.7.1.2 Software de Programación

De acuerdo con la página oficial de Arduino (2021) El software Arduino (IDE) de código abierto facilita la escritura de código y su carga en la placa. Este software se puede utilizar con cualquier placa Arduino.

Brinda una amplia gama de dispositivos dentro de los que se incluye los sensores de detección que se están evaluando en este documento.



Figura 4.13 Logo de Arduino (2021)

CAPÍTULO V: METODOLOGÍA Y PROCESO

5.1 Enfoque y Métodos

5.1.1 Descripción del enfoque

Este proyecto de investigación tiene como objetivo identificar el mejor modelo de control de tráfico inteligente que se puede aplicar en las calles y avenidas de Comayagüela, este estudio requiere recolección de datos estadísticos para valorar los mejores resultados, es por eso por lo que el mejor enfoque de investigación es el Cuantitativo, ya que permite el análisis de valores numéricos para la corroboración de Hipótesis.

5.1.2 Descripción del método

Dado el tipo de información recolectada en el marco teórico, el cual está basado en la clasificación de ciertos términos tales como la señalización de semáforos, y también la clasificación de los tipos de semáforos, así como la identificación y explicación de los diferentes métodos de censo utilizados en sistemas de control vehicular se deduce que la investigación tiene un alcance de tipo Descriptivo.

Este tipo de alcance también se refuerza en esta investigación debido al tipo de resultados que se pretende adquirir, estos se obtienen mediante procesos de recolección de datos para expresar el funcionamiento de los sistemas inteligentes de control vehicular en las calles de Comayagüela, el cual es un suceso que pretende ser demostrado con precisión para la correcta predicción de situaciones ocurrentes en esta área.

En general el alcance descriptivo calza perfecto en esta investigación debido a que se pretende describir un fenómeno del tráfico en la zona y como actúa se ve afectado con la implementación de un dispositivo inteligente de control vehicular, del cual se tiene mucha información y donde no es comparado con otro fenómeno.

5.1.3 Diseño de la Investigación

El desarrollo de esta investigación requiere de un diseño de investigación No experimental, esto debido a que las variables presentadas anteriormente no requieren de ser puestas a prueba para determinar su dependencia una de la otra.

Este diseño no experimental será de tipo Transeccional o Trasversal Descriptivo, esto debido a que las muestras que se pretende obtener serán tomadas de forma única en un cierto evento, sin necesidad de acudir datos históricos, sino que se pretende evaluar el evento en su estado puro.

5.2 Población y Muestra

En base a los requerimientos mostrados en las hipótesis, se considera que la población a evaluar serán las personas que tienen un auto y conducen en el Distrito Central, esto debido a que las personas que viven en Tegucigalpa tienen una alta probabilidad de cruzar las avenidas en cuestión en más de una ocasión.

De acuerdo con datos publicados en el periódico El país (2020) “el total de licencias otorgadas en la capital asciende a 800,000 personas”.

Es por eso por lo que la muestra a evaluar es de tipo probabilística para que se puedan corroborar ciertas hipótesis que lo requieran. En base al uso del programa STATS se obtuvo un tamaño de muestra equivalente de 384, con un universo de población de 800,000 el cual es realmente representativo, un porcentaje de error máximo aceptable de 5% y un nivel de confianza deseable de 95%.

El uso de esta muestra es aplicable para la recolección de datos en 6 de las hipótesis planteadas. La única hipótesis que será evaluada mediante información específica técnica es la número 5 y 6.

5.3 Unidad de análisis y respuesta

La unidad de análisis para este proyecto se divide en tres partes, la primera es la población conductora activa de la ciudad, la cual como se ha verificado en el apartado previo haciende a 800,000 personas, la experiencia de estar personas al conducir por la ciudad es la información que se requiere para poder obtener respuestas a las preguntas de investigación.

El segundo punto de análisis son la capacidad de detección de los sensores, con ayuda de las Hojas de Información de los instrumentos aplicables al sistema inteligente, esto incluye los sensores en específico, con esta información será posible verificar ciertas hipótesis técnicas de la investigación.

Por último, la tercera unidad de análisis está basada el tiempo en cruzar ambas calles, mediante la recolección de datos por observación directa, asistiendo al lugar en cuestión y realizando viajes a través de las calles para recolectar información de tiempos de espera en las colas.

Mediante el uso la aplicación de instrumentos claves como encuestas y el método de observación directa será posible realizar una recolección de datos verídica.

5.4 Técnicas e instrumentos aplicados

5.4.1 Recolección de Datos

En el siguiente cuadro se destacan las formas de recolección de datos que se aplicara a cada hipótesis para poder ser corroborada.

Tabla 5.1 *Definición de Instrumento para comprobar hipótesis*

N°	HIPÓTESIS	DEFINICIÓN INSTRUMENTO
----	-----------	---------------------------

1	Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales consumen mayor energía que los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos.	Datos secundarios (Otros Investigadores)
2	Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas con sensores ultrasónicos, Infrarrojos, inductivos y neumáticos.	Datos secundarios (Otros Investigadores)
3	Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes reducirá el tráfico en las calles en un 20%.	Cuestionario; preguntas cerradas

5.4.2 Instrumentos de Medición

Cuestionario

Descripción del cuestionario para el público: Con este cuestionario se pretende analizar ciertas hipótesis de la investigación y así darles respuesta a ciertas incógnitas para lograr los objetivos planteados.

Con el objetivo de fomentar un diseño de un sistema de control vehicular que incluya semáforos inteligentes en las calles de Comayagüela para la reducción del tráfico en esta zona y la mejora de la calidad de vida de los habitantes a largo plazo.

La encuesta pretende indagar en la opinión pública de ciertos problemas relacionados al tráfico en la zona en cuestión.

Observación Directa

Mediante el uso de cronómetros y hojas de cálculo para estudiar los tiempos que se tarda en cruzar las rutas de la zona.

5.5 Fuentes de información

Clasificación de las fuentes

5.5.1 Fuentes Primarias

1. Población conductora activa en la ciudad.
2. Hojas Técnicas de Dispositivos

5.5.2 Fuentes Secundarias

1. Instituto Nacional de Estadística
2. Dirección Nacional de Vialidad y Transporte
3. Alcaldía Municipal del Distrito Central
4. Compañía Arduino AG (BCMI)

5.5.3 Fuentes Terciarias

1. Documentación de proyectos similares
2. Manual de tránsito y vialidad de Honduras y otros países.

5.6 Cronología de trabajo

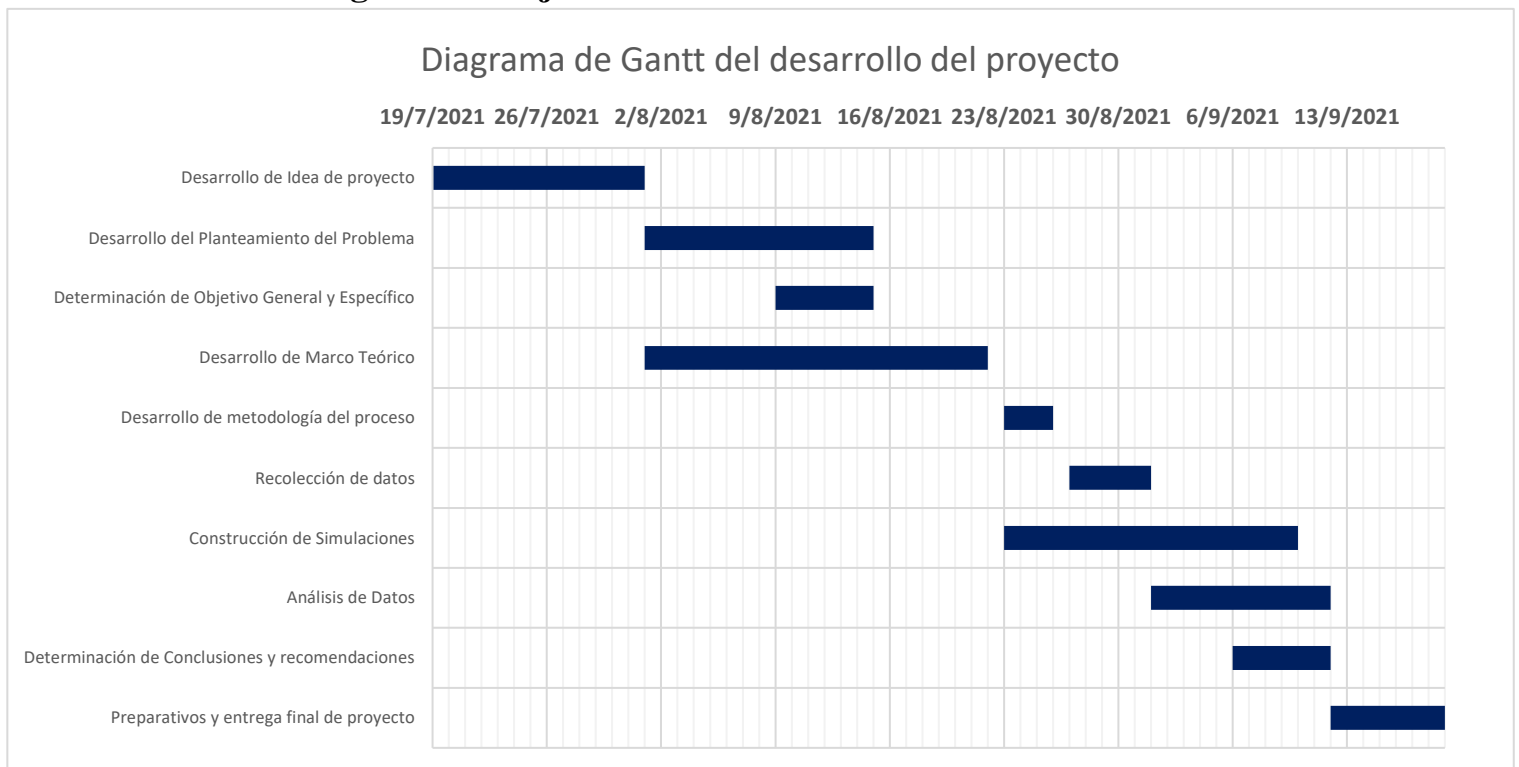


Figura 5.1 Diagrama de Gantt del desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO VI: RESULTADOS Y ANÁLISIS

6.1 Resultados, comprobación y análisis de Hipótesis

Dentro del estudio realizado con la primera encuesta se analizaron ciertas hipótesis que se presentaron anteriormente, así como, también se agregaron ciertas preguntas generales sobre los participantes.

6.1.1 Análisis de Preguntas Demográficas

En esta encuesta se analizaron 3 preguntas demográficas que se consideran esenciales y cooperativas para la investigación, estas son la edad y la zona en la que residen.

6.1.1.1 Rango de edad

En la segunda consulta, se determina que el mayor rango de edades que participo en la encuesta es entre los 18 a los 30, lo que indica una población joven y que son conscientes de las inconveniencias del sistema de control vehicular en la zona.

Otro gran rango de edad a considerar esta entre los 31 a los 40, esta es una población activa y que ha visto el crecimiento vehicular en la zona.

Tabla 6.1 *Análisis y resultados de Pregunta 2*

Pregunta 2				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
Edad	Rangos de edad	18-30	1	170
		31-40	2	146
		41-50	3	94

		51-60	4	36
		Mayor a 60	5	5
Total de respuestas				451
Sin respuesta				0
Total de encuestados				451

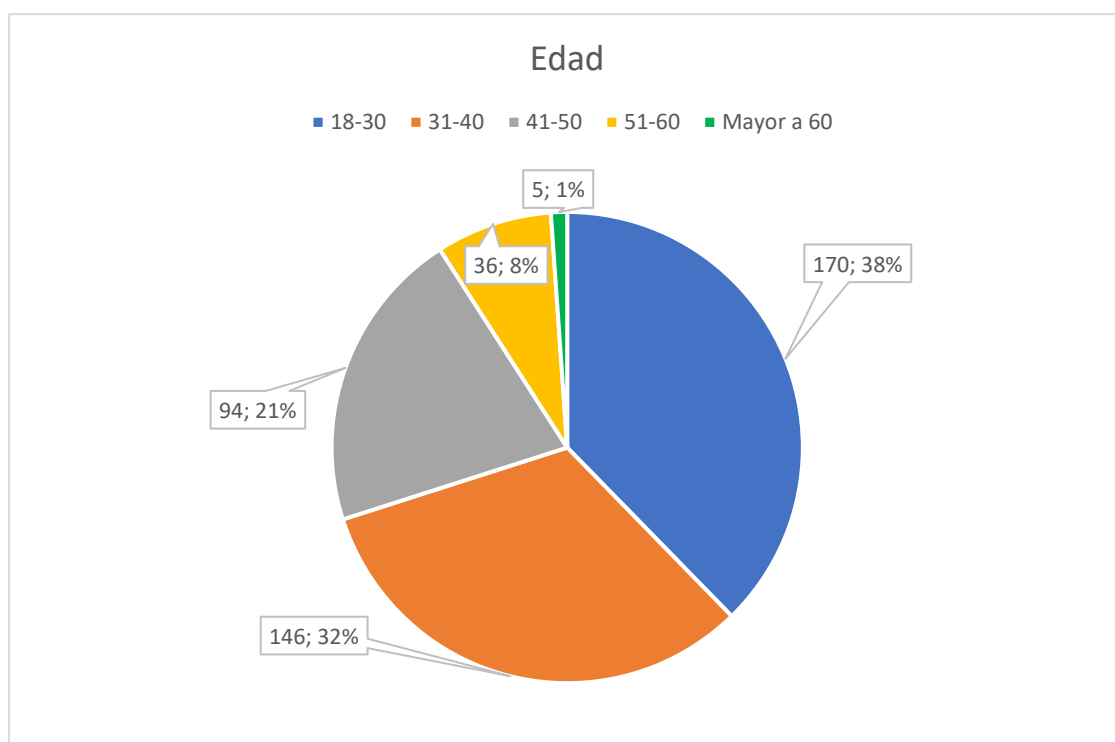


Figura 6.1 Gráfico de Edad

6.1.1.2 Zona de residencia

Dentro de los datos proporcionados de la encuesta, el área que más interés presento fue de personas que reside en la zona de Comayagüela. Un 62% de los encuestados es residente en colonias aledañas a la zona en cuestión.

Tabla 6.2 Análisis y resultados de Pregunta 3

Pregunta 3				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
¿En qué zona del distrito central reside?	Zona de residencia	Tegucigalpa	1	169
		Comayagüela	2	277
Total de respuestas				446
Sin respuesta				5
Total de encuestados				451

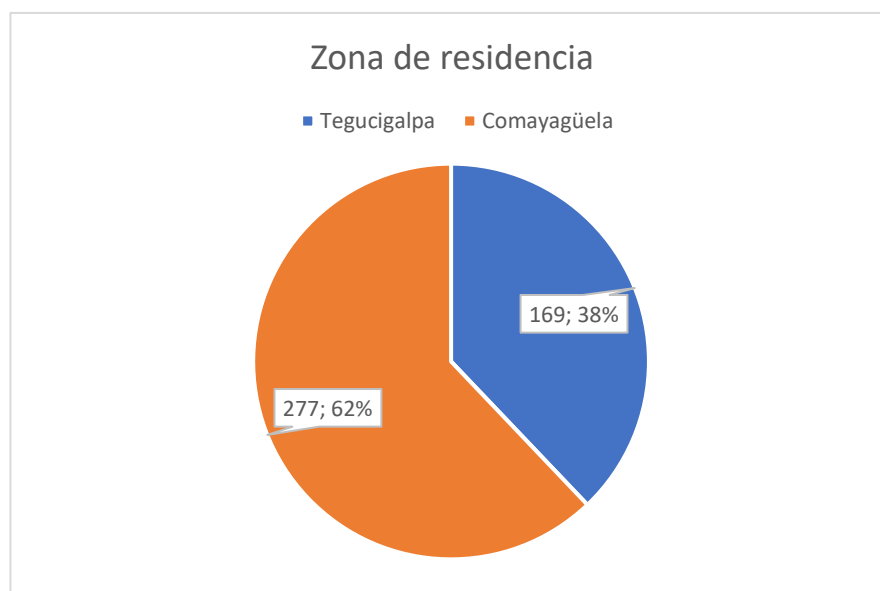


Figura 6.2 Gráfico de residencia

6.1.1.3 Conductores activos

Esta es una de las consultas de mucha importancia, dado que este determina el éxito en la obtención de la muestra, la población objetiva son los conductores del Distrito Central, de los cuales se tiene un registro de aproximadamente 800,000 personas, la muestra objetiva para determinar el éxito de las encuestas es de 384 encuestados.

En base a los datos de esta encuesta se determina que la meta de la muestra fue alcanzada con 390 encuestados que aprueban ser conductores activos, esto representa el 88% del total de encuestados.

Tabla 6.3 *Análisis y resultados de Pregunta 4*

Pregunta 4				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
¿Es usted un conductor frecuente en la ciudad?	Conductor activo	Si	1	390
		No	2	54
Total de respuestas				444
Sin respuesta				7
Total de encuestados				451

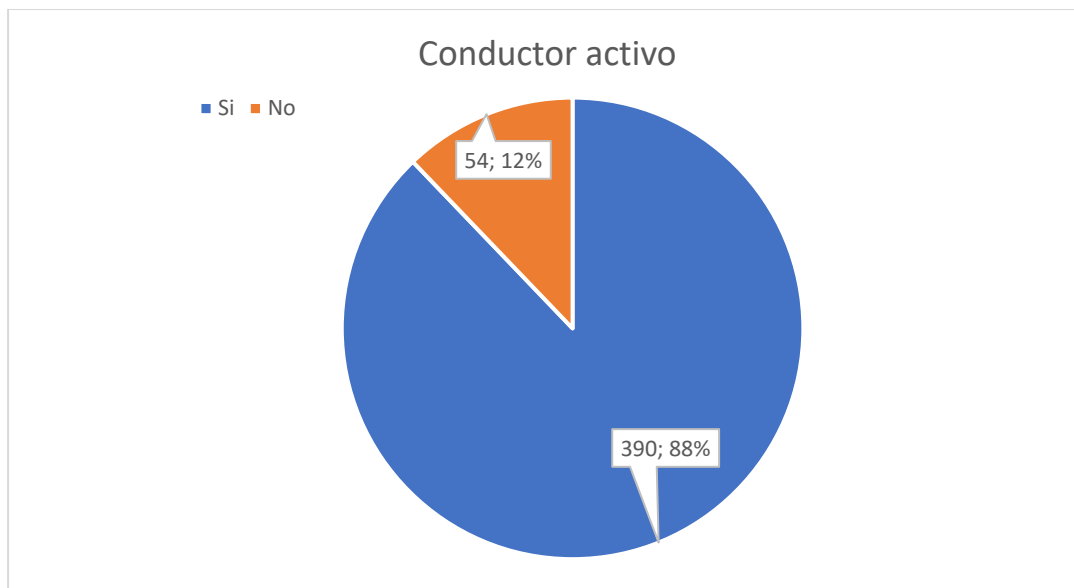


Figura 6.3 Gráfico de Conductores activos en la ciudad

6.1.1.4 Tipo de vehículo más común

Esta consulta nos ayuda a poder comprender el tipo de vehículo al cual el sistema más se enfrenta, dentro de los datos encontrados se destaca que el mayor tipo de vehículo son los automóviles, los cuales resultan ser el 54% de los encuestados.

Esto indica que las calles en su mayoría se ven cubiertas con vehículos de tamaño considerable lo que puede afectar si la distancia entre los semáforos es corta.

Tabla 6.4 Análisis y resultados de Pregunta 5

Pregunta 5				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
¿Qué tipo de vehículo posee?	Tipo de vehículo	Motocicleta	1	160
		Automóvil	2	242
		Ninguno	3	49

Total de respuestas	451
Sin respuesta	0
Total de encuestados	451

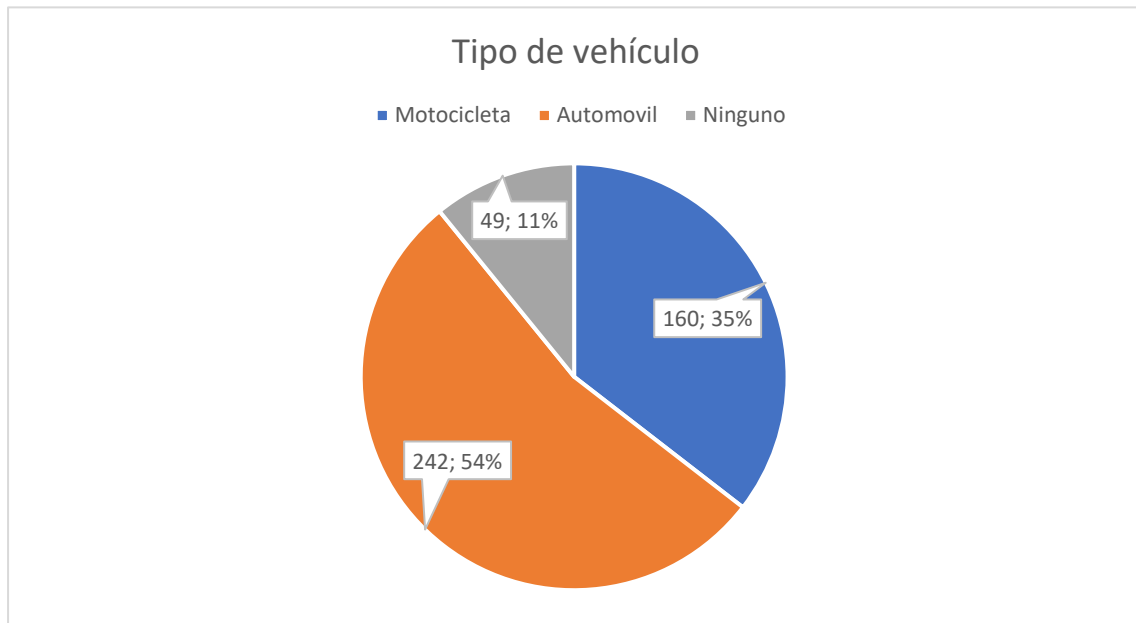


Figura 6.4 Gráfico de los tipos de vehículos en la ciudad

6.2 Análisis de Hipótesis

6.2.1 Hipótesis 1

H_1 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales consumen mayor energía que los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos.

H_0 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales no consumen mayor energía que los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos.

H_a los sistemas basados en sensores ultrasónicos, sensores Infrarrojos o sensores magnéticos consumen mayor energía que los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales.

Mediante el análisis de los consumos energético de cada dispositivo se pretende demostrar cuál de los dos consume más energía. Los datos se recolectaron de fichas técnicas e información de investigaciones previas. En los apéndices se muestran las hojas técnicas de donde se recolectaron los datos.

Tabla 6.5 Análisis de Hipótesis 1

Hipótesis 1		
Variable	Tipo de consumo	Consumo en mW
Consumo energético sistema de procesamiento de imágenes	Consumo energético de cámara Pixi Cam 2	700
	Unidad de control (Arduino Uno)	437
	Total	1137
Consumo energético de Sistema con sensor Magnético	Unidad de control (Arduino Uno)	437

	Sensor Magnético KY-21	83
	Módulo de comunicación (Xbee)	63
	Total	583
Consumo energético de Sistema con sensor Ultrasónico	Unidad de control (Arduino Uno)	437
	Sensor Ultrasónico HS-SR04	75
	Módulo de comunicación (Xbee)	63
	Total	575
Consumo energético de Sistema con sensor Infrarrojo	Unidad de control (Arduino Uno)	437
	Sensor Infrarrojo IR FC-51	145
	Módulo de comunicación (Xbee)	63
	Total	645

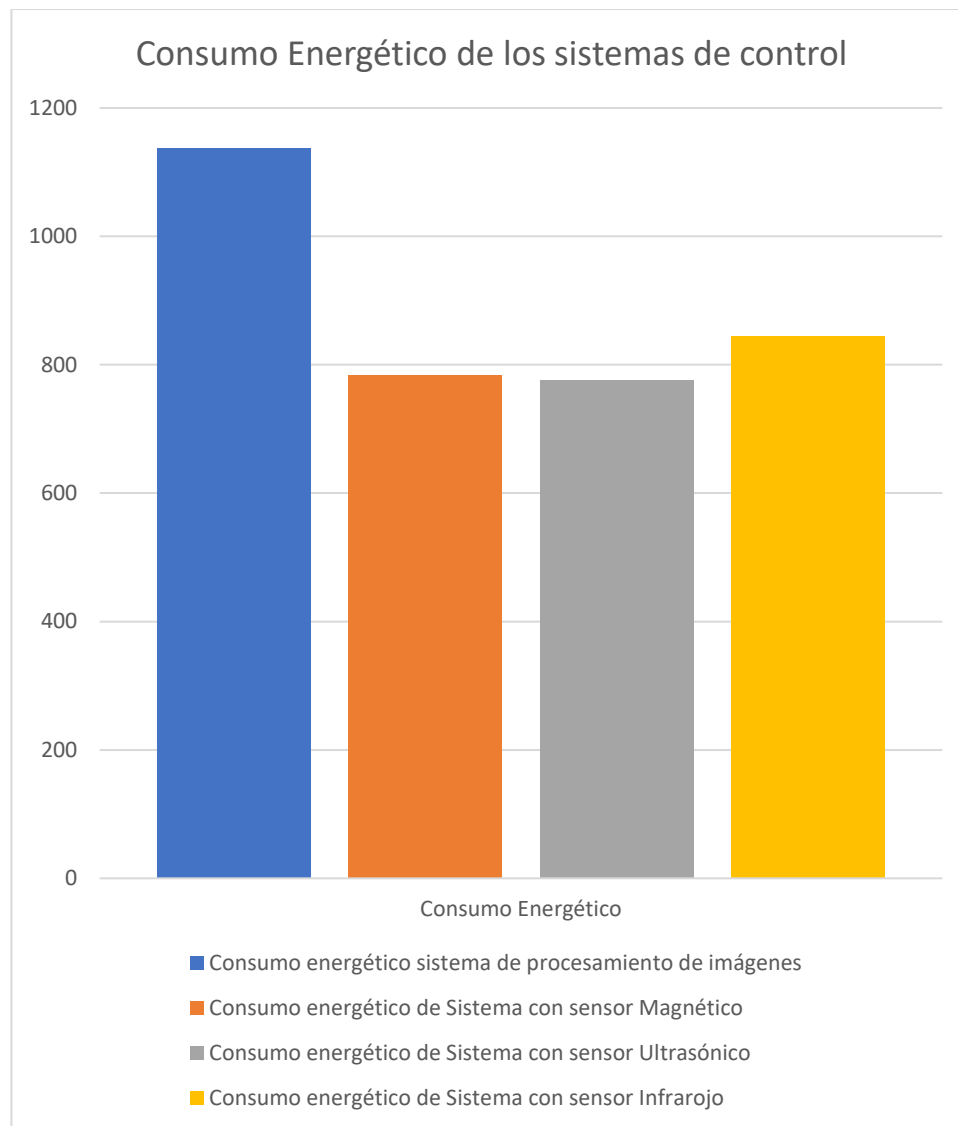


Figura 6.5 Gráfico del consumo energético de los sistemas con o sin sensores

En base a los datos mostrados el gráfico de barras, se acepta la hipótesis 6 y se rechazan la nula y la alternativa, dado que se obtiene un valor mayor del consumo energético en sistemas que integran mayor tecnología con mayor complejidad, como lo es el procesamiento de Imágenes, dado que estos dispositivos requieren de mayores componentes para poder funcionar correctamente y que brinden un servicio de calidad.

La confirmación de esta hipótesis deja entrever los tipos de sensores de detección que mayor posibilidad tienen en ser aplicados en la zona, de esta forma dado una respuesta a una de las preguntas de investigación, así como colaborando para el logro de uno de los objetivos específico, el desarrollo de la simulación con mejores ventajas para la zona.

6.2.2 Hipótesis 2

H_6 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas con sensores ultrasónicos, Infrarrojos, inductivos y neumáticos.

H_0 Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular basados en el procesamiento de imágenes digitales no tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas con sensores ultrasónicos, Infrarrojos, inductivos y neumáticos

H_a Los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular con sensores ultrasónicos tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas basados en el procesamiento de imágenes digitales o con sensores Infrarrojos, inductivos y neumáticos.

Se acude a los datos presentados en hojas de especificaciones técnicas para poder determinar si es posible identificar los rangos a los que estos sensores pueden trabajar, esto ayudará a tomar una mejor decisión. En los anexos se podrá ver las hojas técnicas.

Tabla 6.6 *Análisis de Hipótesis 2*

HIPÓTESIS 2			
VARIABLE	Tipo de sensor	Nombre del producto	Rango máximo de detección (metros)
RANGO DE DETECCIÓN	Sensor Ultrasónico	HC-SR04	4
	Sensor Magnético	KY-021	0.4
	Sensor Infrarrojo	FC-51	0.8
	Procesadores de imágenes	Pixy2Cam	3

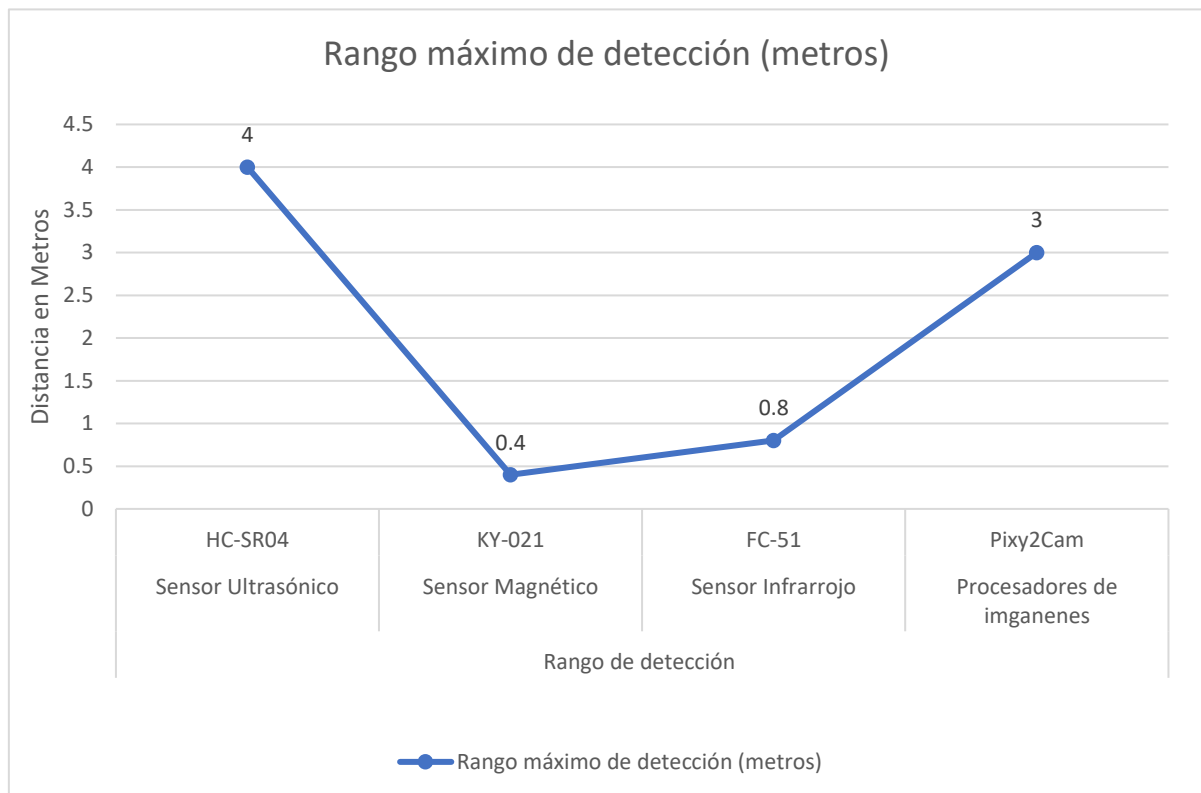


Figura 6.6 Gráfico de los rangos máximos de detección de objetos

Como lo muestra el gráfico anterior, los sistemas basados en el uso de sensores ultrasónicos suelen resaltar en el desarrollo de proyectos para detección de objetos a larga distancia, esto hace que la hipótesis original no se considere, sin embargo esta respuesta si cae en los rangos para optar por la hipótesis alternativo, por ende se considera que los sistemas de Semáforos Inteligentes para control vehicular con sensores ultrasónicos si tienen un mayor rango de detección de objetos que los sistemas basados en el procesamiento de imágenes digitales o con sensores Infrarrojos, inductivos y neumáticos.

6.2.3 Hipótesis 3

H_8 Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes reducirá el tráfico en las calles en un 20%.

H_0 Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes no reducirá el tráfico en las calles en un 20%.

H_a Según la población el sistema de control de tráfico con semáforos inteligentes reducirá el tráfico en las calles en un 50%.

Esta hipótesis busca verificar en qué porcentaje se puede reducir el tráfico con este sistema de acuerdo con el público. En base al estudio del gráfico de pastel, el cual está elaborado de acuerdo con los datos de la encuesta, el 42% de la población aprueba que el sistema puede reducir el tráfico en un 60% o más.

Luego el histograma revela que la opción más votada es la etiqueta 6 que representa un 60% de reducción del tráfico. Por lo tanto, la hipótesis original se rechaza y se acepta la hipótesis nula.

Tabla 6.7 Análisis Pregunta 12

Pregunta 12				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
¿En qué porcentaje considera usted que el sistema de control vehicular con semáforos inteligentes reduciría el tráfico en las calles de Comayagüela?	Porcentaje de beneficencia	10%	1	15
		20%	2	120
		30%	3	29
		40%	4	29

		50%	5	48
		60% o más	6	178
Total de respuestas				419
Sin respuesta				32
Total de encuestados				451

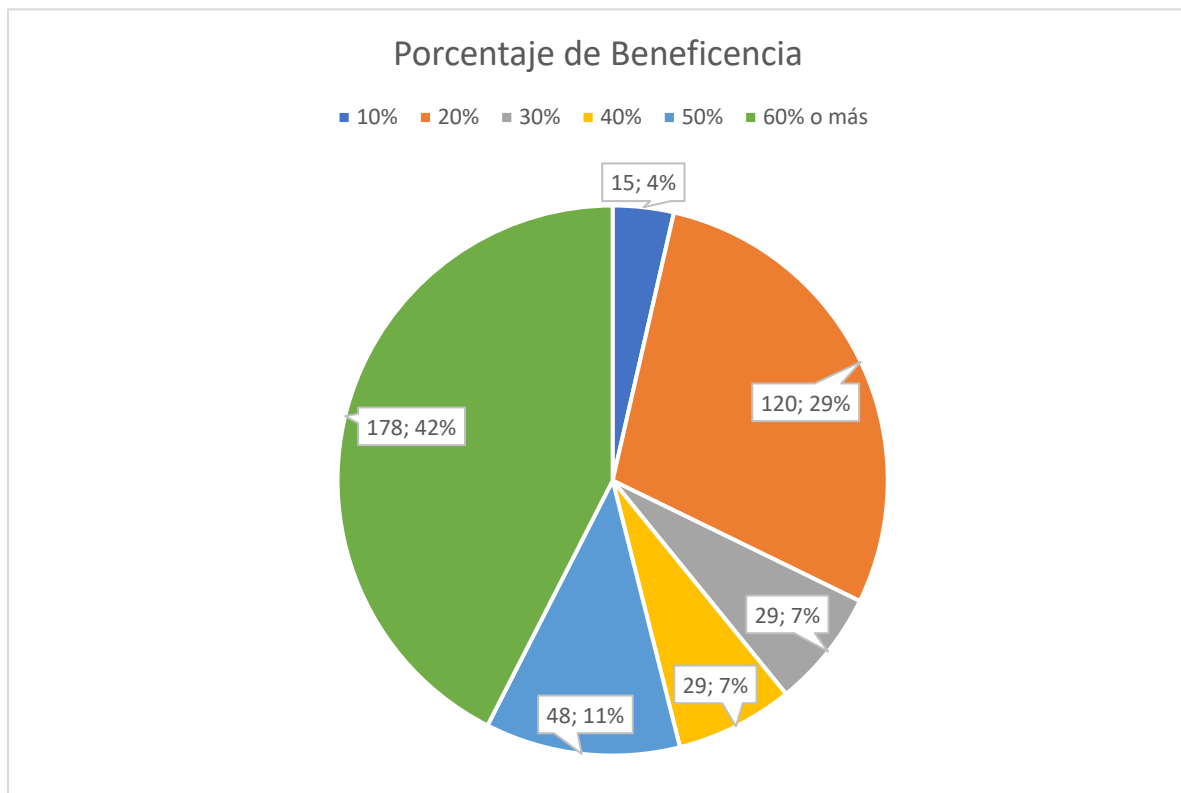


Figura 6.7 Gráfico del porcentaje de beneficencia del proyecto

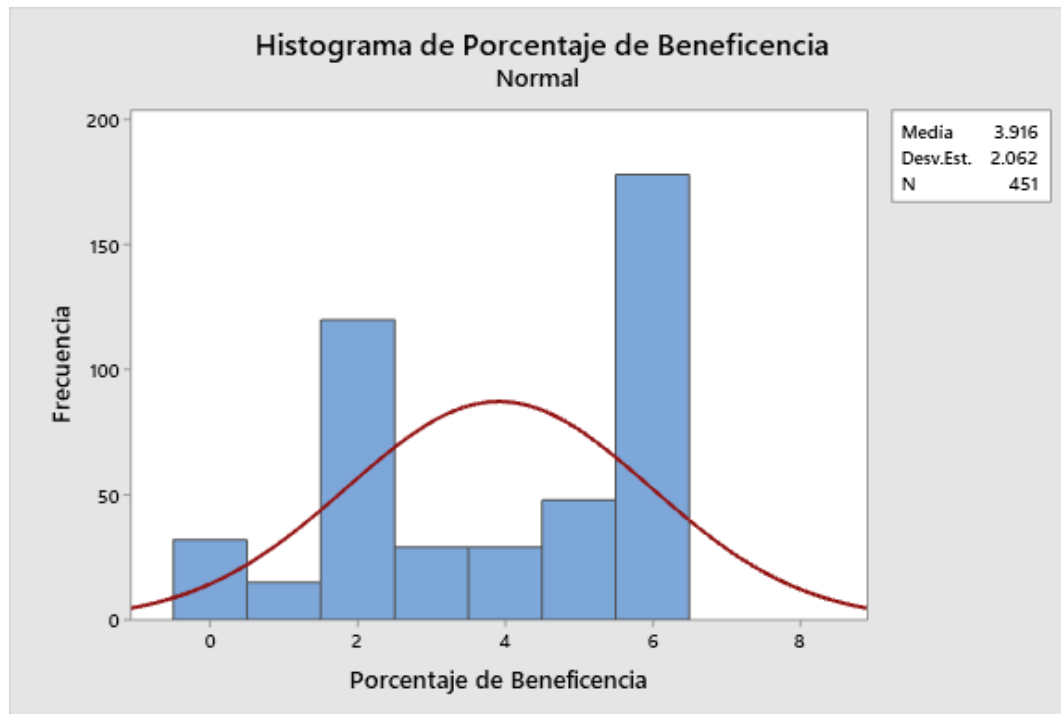


Figura 6.8 Histograma de Porcentaje de Beneficencia del proyecto

6.2.4 Análisis de la aceptación del proyecto

Por último se le consultó a la población sobre si aceptarían el proyecto en la zona, a lo cual se obtuvo una respuesta a favor de un si con un 98% de aceptación.

Tabla 6.8 *Análisis Pregunta 13*

Pregunta 13				
Pregunta	Variable	Etiqueta	Código	Resultados
¿Estaría de acuerdo con la implementación de estos sistemas de control vehicular en esta zona?	Aceptación del proyecto	Si	1	432
		No	2	11
Total de respuestas				443
Sin respuesta				8
Total de encuestados				451



Figura 6.9 Gráfico del nivel de aceptación del proyecto



Figura 6.10 Histograma de Aceptación del proyecto

6.3 Resultados de comparativa entre Sensores

6.3.1 Comparativa entre dispositivos de detección

A continuación se presenta un método de comparación entre ciertas cualidades de los dispositivos para detectar vehículos presentados anteriormente (Sensor Infrarrojo, Ultrasónico, Magnético y procesamiento de imágenes con cámara Pixy), con el objetivo de poder identificar cuál de estos puede ser el mejor para aplicar en el sistema de control vehicular con semáforos inteligentes.

Dentro de los puntos a evaluar se consideran los siguientes: Consumo Energético, Rango de detección y costo.

Mediante los datos obtenidos de algunas hojas de especificaciones de los dispositivos fue posible realizar la siguiente tabla de datos.

Tabla 6.9 *Características a comparar y sus valores.*

<i>Tipo de Sensor</i>	<i>Consumo en mW</i>	<i>Rango de detección (Metros)</i>	<i>Costo (Lempiras)</i>
<i>Sensor ultrasónico HC-RS04</i>	775	4	121.25
<i>Sensor infrarrojo FC-51</i>	845	0.3	121.25
<i>sensor magnético KY-21</i>	783	0.8	218.25
<i>Cámara Pixy2</i>	1137	3	2594.75

En esta tabla se presentan los valores del consumo energético de los dispositivos, a este apartado se le suma el consumo energético de los dispositivos que requiere para que pueda ser implementado en el sistema de control, sin incluir el consumo energético de los actuadores que, en este caso, son las luces Led de los semáforos, estas no se consideran debido a que la cantidad de luces puede variar de acuerdo a los requisitos de las calles y por ende varia el consumo energético del dispositivo completo.

Se considera el consumo energético, como una característica a tener en consideración dado que en ciertas ocasiones cuando la energía falla en la zona los semáforos dejan de funcionar, por lo cual considerar este aspecto abre la posibilidad de considerar una implementación de un sistema de alimentación con energía renovable para el futuro.

El rango de detección de estos sensores de igual forma es de suma importancia considerara debido al tamaño de las calles, si es ciertos que la distancia entre semáforos es corta, pero es importante saber cuánto nos cubre el sensor en las calles, en algunas aplicaciones este rango no es de suma importancia dado a que su forma de detectar es mediante pulso, lo que significa que al cruzar un vehículo este lo detecta por un instante y lo marca, sin embargo en algunas aplicaciones es necesario determinar la capacidad del sensor para saber cuántos de estos se requieren.

La característica de costo al igual es de suma importancia dado que esta determinará el éxito de implementación del sistema, al poder proveer un valor al sistema será posible considerar la opción que mejor convenga económicamente sin tener que sacrificar las otras características.

Para poder realizar la comparativa se optó por el método de evolución de rubrica, donde se le asigna una puntuación a cierto rango de valor de la característica, luego estos se suman y se promedian para poder obtener una puntuación final y de esta forma determinar la mejor opción.

Tabla 6.10 Comparativa entre valores de Consumo energético de los sensores

<i>Rubrica de consumo</i>					
<i>Rangos de consumo mW</i>	Puntuación	Sensor			
		Sensor ultrasónico	Sensor infrarrojo	sensor magnético	Cámara Pixy
<i>0-100</i>	100				
<i>101-200</i>	90.9				
<i>201-300</i>	81.81				
<i>301-400</i>	72.72				
<i>401-500</i>	63.63				
<i>501-600</i>	54.54				
<i>601-700</i>	45.45				
<i>701-800</i>	36.36	✓		✓	
<i>801-900</i>	27.27		✓		
<i>901-1000</i>	18.18				
<i>1001 en adelante</i>	9.09				✓
<i>Total Puntuación</i>		36.36	27.27	36.36	9.09

Dentro de los resultados de esta tabla se puede identificar que el sensor ultrasónico y el sensor magnético tienen los mejores resultados en cuanto al consumo energético, esta puntuación se suma con las demás más adelante para obtener un valor total.

Tabla 6.11 *Comparativa de Rangos de detección de objetos.*

<i>Rubrica de Rango de detección</i>					
<i>Rango de detección</i>	Puntuación	Sensor			
		Sensor ultrasónico	Sensor infrarrojo	sensor magnético	Cámara Pixy
<i>0-1 Mtr</i>	20		✓	✓	
<i>1-2 Mtr</i>	40				
<i>2-3 Mtr</i>	60				✓
<i>3-4 Mtr</i>	80	✓			
<i>4-5 Mtr</i>	100				
<i>Total Puntuación</i>		80	20	20	60

En base a los resultados presentados en la tabla anterior, es posible determinar que los sensores ultrasónicos y el procesamiento de imágenes mediante la cámara Pixy son los que mejor rango de detección de objetos tienen, lo cual los ubica entre los primeros en esta clasificación.

Tabla 6.12 *Comparativa de rubrica de Costos*

<i>Rubrica de Costo</i>

<i>Rango de costos</i>	Puntuación	Sensor			
		Sensor ultrasónico	Sensor infrarrojo	sensor magnético	Cámara Pixy
<i>0-100</i>	100				
<i>101-200</i>	80	✓	✓		
<i>201-300</i>	60			✓	
<i>301-400</i>	40				
<i>Mayores a 401</i>	20				✓
<i>Total Puntuación</i>		80	80	60	20

En esta última tabla es posible identificar que el sensor más costos sobre pasa los 401 lempiras, por otro lado los más cómodos son el sensor ultrasónico y el sensor infrarrojo.

Evaluación Final

Ya que se le ha asignado una puntuación a los valores en los que se encuentran cada característica de cada sensor es posible comenzar a evaluar los resultados, esto se realiza mediante la suma de los puntos obtenidos por cada sensor en cada categoría, luego ese valor es dividido entre la cantidad de características consideradas, es de suma importancia que todos los sensores tengan una puntuación en todas las categorías para que el resultado sea equitativo.

Tabla 6.13 *Evaluación final de cada categoría.*

<i>Evaluación Final</i>

<i>Puntuación de Variables</i>	Puntuación de Obtenida			
	Sensor ultrasónico	Sensor infrarrojo	sensor magnético	Cámara Pixy
<i>Consumo en mW</i>	36.36	27.27	36.36	9.09
<i>Rango de detección (Metros)</i>	80	20	20	60
<i>Costo (Lempiras)</i>	80	80	60	20
<i>Total</i>	196.36	127.27	116.36	89.09
<i>Total en Promedio</i>	65.45	42.42	38.79	29.70

En base a los resultados de la tabla se puede identificar que el sensor que mejor destaca entre todas las categorías considerada es el sensor ultrasónico, por lo cual se toma la decisión de desarrollar el diseño de la simulación con este sensor en específico.

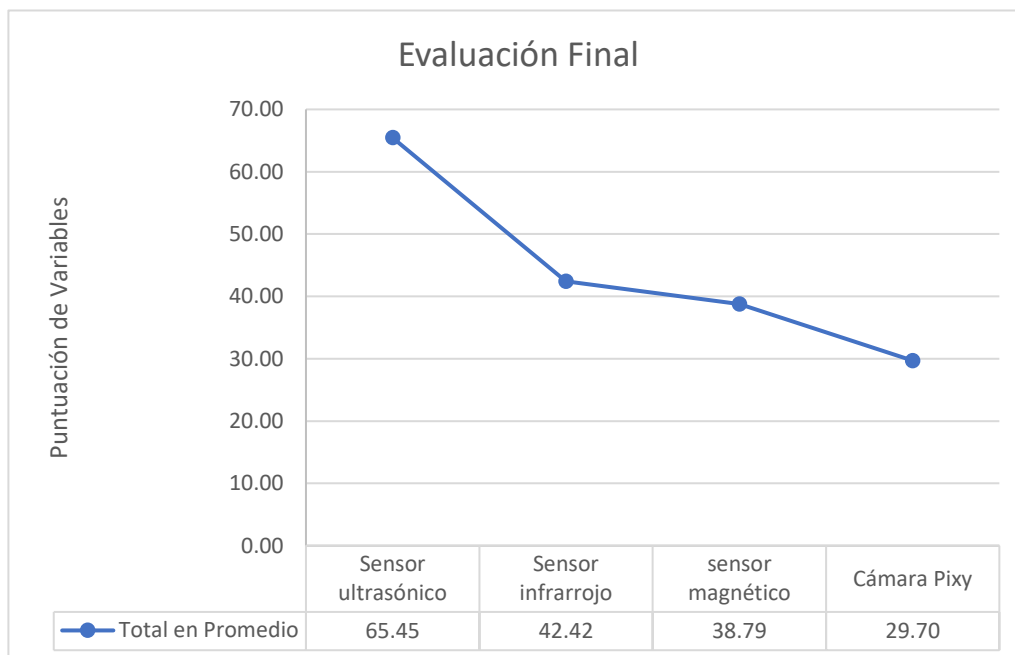


Figura 6.11 Gráfico de evaluación final (Diseño propio).

6.4 Resultados de Simulación

6.4.1 Estructura del diseño simulación

El diseño está basado en detección de presencia por solicitud y extensión, como se explica anteriormente, en este método los autos envían una solicitud para poder pasar en cualquier momento, de esta forma se determina el sistema cuenta la cantidad de sensores activos en las calles para definir cuál habilitar por mayor tiempo y desahogar la calle.

6.4.2 Diagrama de flujo del Sistema de Control Vehicular Inteligentes con Semáforos

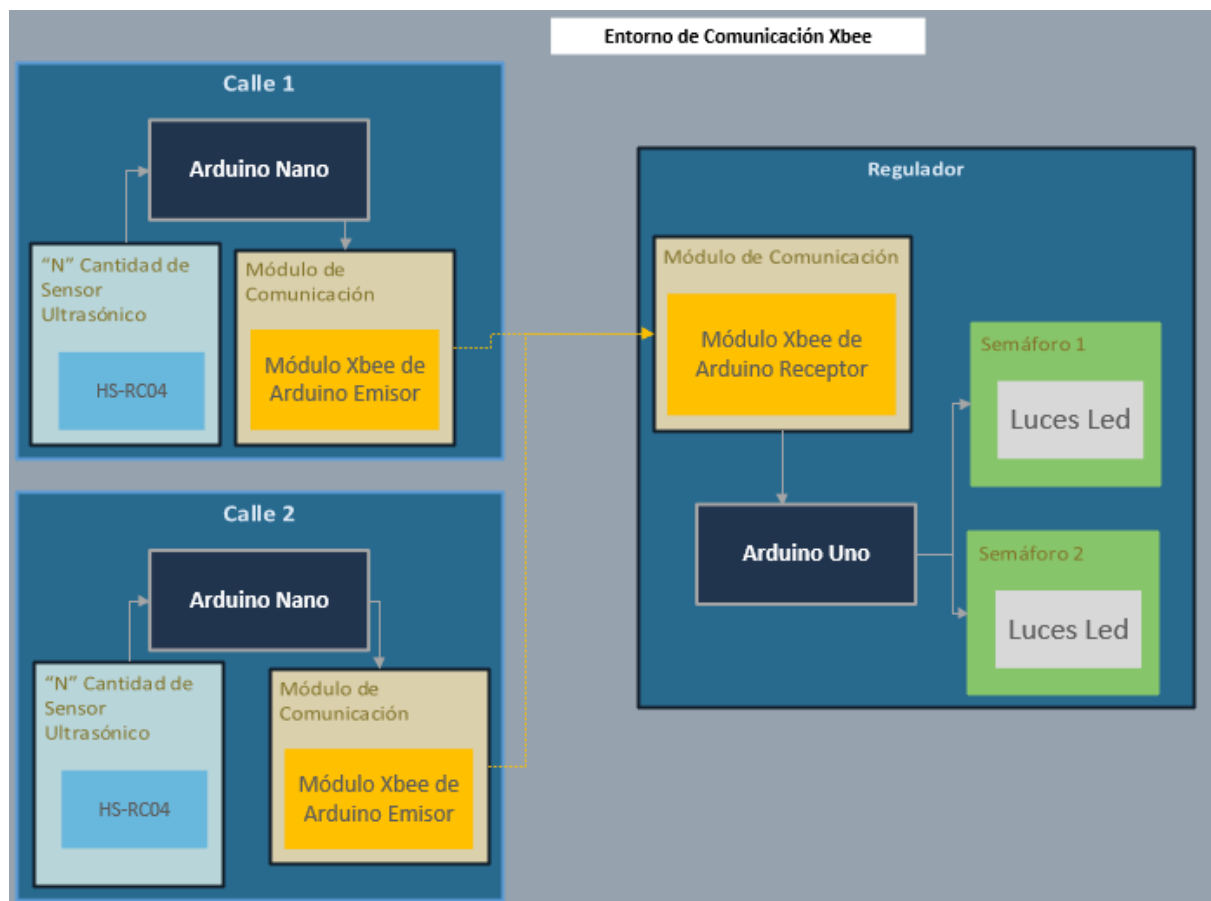


Figura 6.12 Mapa de Estructura de comunicación del sistema. (Diseño Propio)

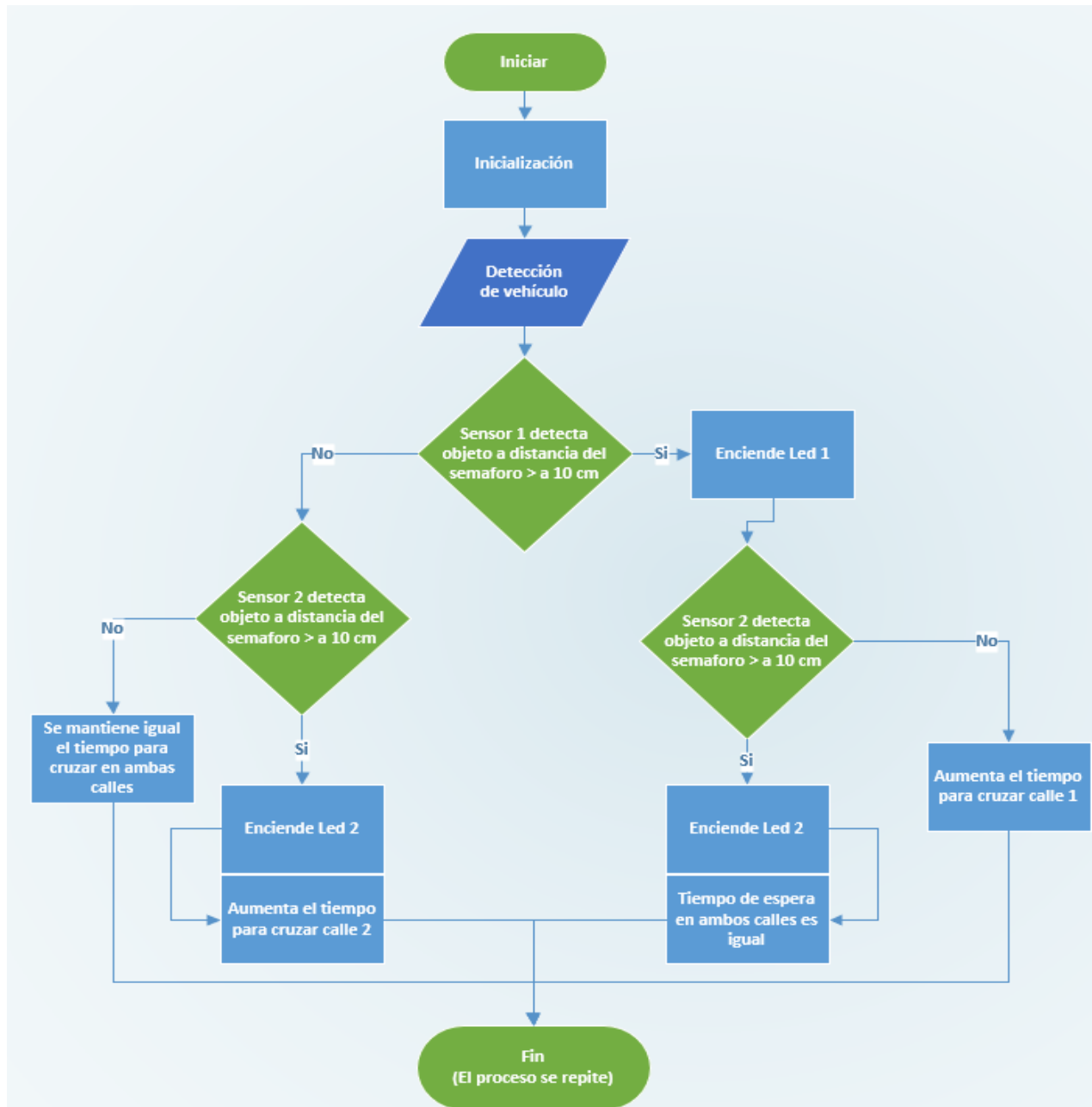


Figura 6.13 Diagrama de flujo del circuito simulado (Diseño Propio)

6.4.3 Circuito Electrónico

6.4.3.1 Circuito electrónico simulado 1

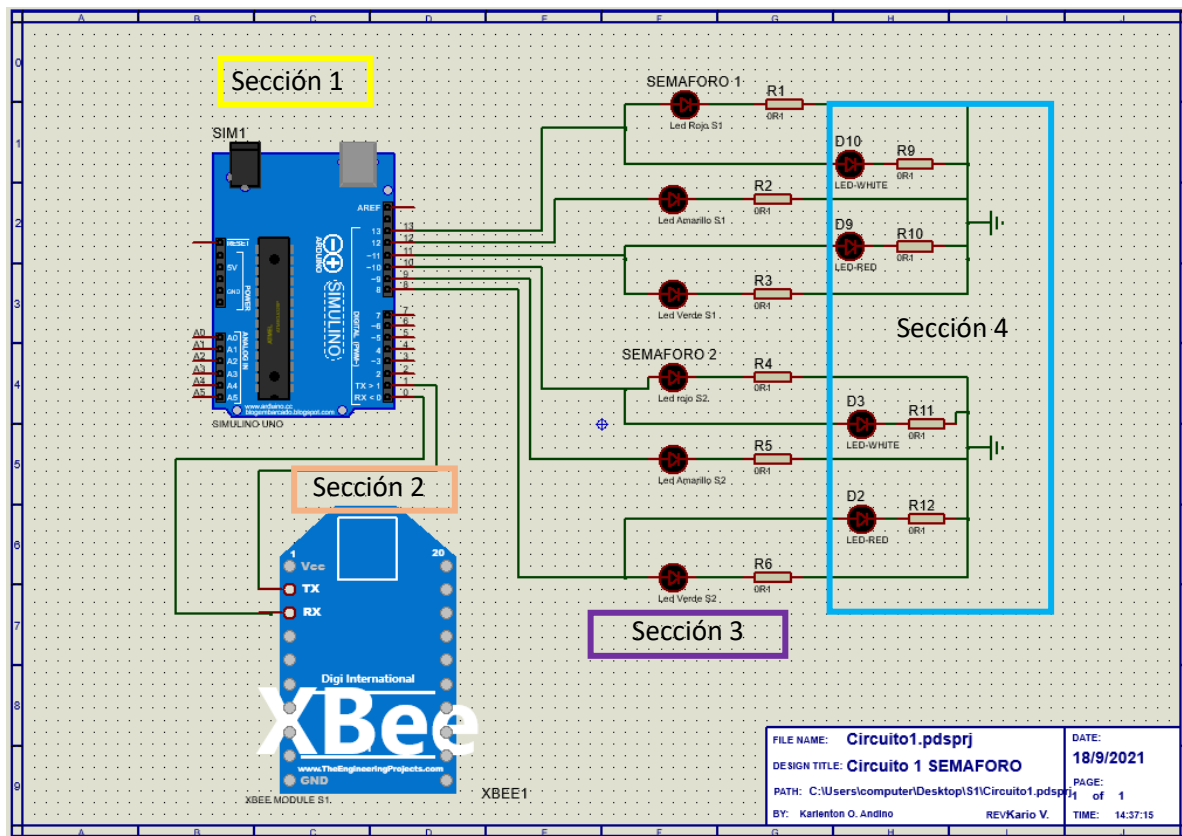


Figura 6.14 Circuito eléctrico de control de semáforo Simulado (Diseño Propio)

Sección 1

Esta sección está destinada para el control de las señales que recibe del módulo Xbee y para tomar la decisión sobre el tiempo que le dará a cada calle para cruzar la intersección.

Sección 2

Este es el módulo de comunicación el cual se encarga de poder enviar la señal del circuito 2 donde se encuentran los sensores hacia el Arduino UNO, el cual se encarga de poder controlar los semáforos.

Sección 3

Esta sección está dedicada para ejemplificar los semáforos y sus ciclos de control, estas luces leds son controladas por el Arduino el cual decide en base a sus datos cual semáforo permanecerá más tiempo en verde para poder descongestionar esa calle en específico.

Sección 4

Esta sección está dedicada al control del semáforo para peatones, este trabaja de forma paralela al semáforo de cada calle, de esta forma, cada vez que el semáforo 1 este en rojo el paso será permitido a los peatones y viceversa con el semáforo dos.

6.4.3.2 Circuito Electrónico simulado 2

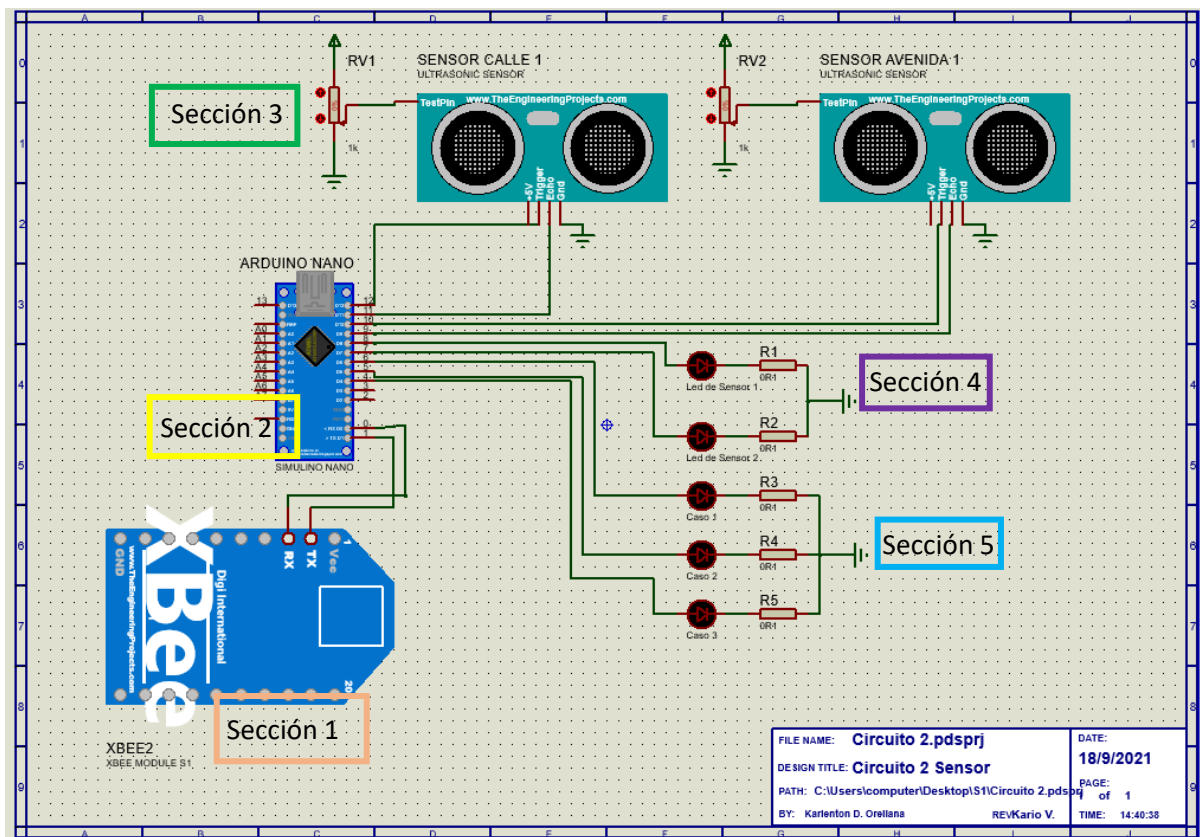


Figura 6.15 Circuito Electrónico de Detección de Vehículos (Diseño Propio)

Sección 1

Esta parte se dedica a la comunicación con el Circuito Electrónico 1, empleando el módulo Xbee como emisor.

Sección 2

Esta parte esta desarrollada por el módulo de Arduino Nano, aquí es donde se realiza la lógica para hacer funcionar los sensores y obtener la distancia a la que se encuentra los objetos, aquí también se controlan los leds de la sección 4 y 5.

Sección 3

Esta es la sección de los sensores, los cuales se encargan de detectar los vehículos y posteriormente enviar los datos al Arduino Nano.

Sección 4

Estos LEDs están dedicados para encenderse cuando se un sensor detecte un vehículo, cada sensor tiene su led correspondiente.

Sección 5

Esta sección está dedicada para demostración, mediante los leds se comprende cada estado que el Arduino Nano envía al Circuito Electrónico 1 para asignar los tiempos de cruce en cada calle. El primer led indica cuando el sensor 1 detecta más vehículos que el sensor 2, el segundo realiza lo inverso al led 2, este se activa cuando el sensor 2 detecta objetos; por último el led 3 está dedicado para cuando ambos sensores detectan objetos, aplicando un tiempo de espera igual a ambas calles.

6.4.4 Dispositivo para Elemento de regulación o control

6.4.4.1 Arduino Uno

Para poder controlar este dispositivo se utilizó el microcontrolador Arduino Uno, este se basa en ATmega 328P, este microcontrolador es desarrollado por la plataforma Arduino, la cual es un hardware y software que cuenta con muchos módulos compatibles para poder desarrollar distintos programas, una de sus grandes ventajas es que es compatible con distintos sensores y actuadores y su proceso de conectividad suele ser sencillo.



Figura 6.16 Arduino Uno (Arduino, 2021)

De acuerdo con la expresado en la hoja de especificaciones del Arduino UNO publicadas por la página oficial de Arduino (2021) este cuenta con 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz (CSTCE16M0V53-R0), una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a una computadora con un cable USB o enciéndalo con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar.

Elemento de comunicación

Para el elemento de comunicación se cuenta con dos dispositivos un Arduino Nano, el cual es una recreación del Arduino Uno, pero con aplicaciones a circuitos más simples y el módulo de control Xbee que está diseñado para establecer una comunicación entre dispositivos de un punto a otro.

6.4.4.2 Arduino Nano

Este Arduino está basado en Atmega 328, al igual que el Arduino Uno, este dispositivo es capaz de realizar tareas complejas y tiene la ventaja de tener un menor tamaño, tiene casi las mismas funcionalidades que el Arduino Duemilanove, solo que está diseñado en otro paquete, a diferencia del Arduino Uno este tiene menos puertos de entrada y salida de datos, dado que está diseñado para aplicaciones que así lo requieran.

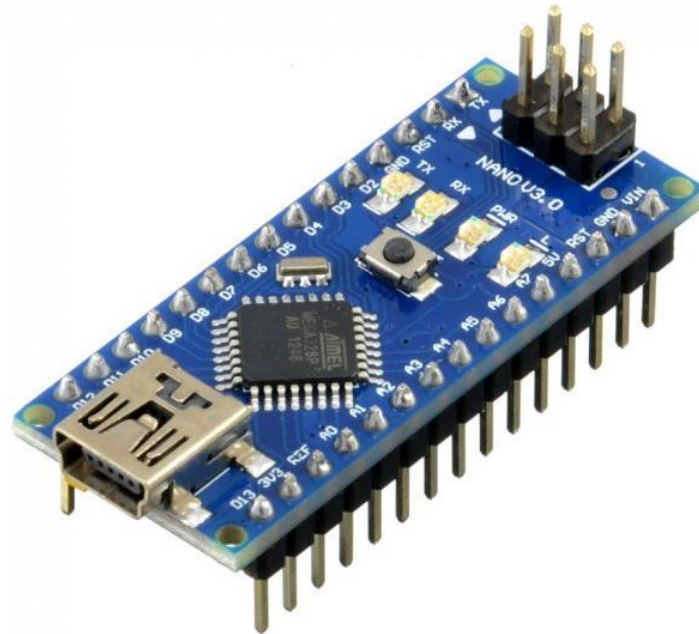


Figura 6.17 Arduino Nano (Arduino, 2021)

6.4.4.3 Módulo Xbee

De acuerdo con el manual del dispositivo desarrollado por Digi International (2009) los módulos de RF XBee y XBee-PRO fueron diseñados para cumplir con los estándares IEEE 802.15.4 y respaldar las necesidades únicas de las redes de sensores inalámbricos de bajo costo y baja potencia. Los módulos requieren una potencia mínima y proporcionan entrega de datos entre dispositivos. Los módulos funcionan dentro de la banda de frecuencia ISM de 2,4 GHz y son compatibles pin por pin entre sí.

Para su funcionamiento, de acuerdo con Digi International (2009), los módulos se conectan a un dispositivo host a través de un puerto serie asíncrono de nivel lógico. A través de su puerto serie, el módulo puede comunicarse con cualquier ART compatible con lógica y voltaje; o mediante un traductor de nivel a cualquier dispositivo serie (por ejemplo: a través de una placa de interfaz USB o RS-232 patentada por Digi).

Sus métodos de comunicación pueden ser:

Operación Transparente: esta es la configuración de descarte con la que comúnmente inicia este dispositivo de acuerdo con Digi International (2009) cuando se opera en este modo, los módulos actúan como un reemplazo de línea serial

Operación API: Application Programming Interface, por sus siglas en inglés, esta es una configuración de comunicación alternativa la cual amplía el nivel que una aplicación de host puede interactuar con las capacidades de red del módulo. “Cuando está en modo API, todos los datos que entran y salen del módulo están contenidos en marcos que definen operaciones o eventos dentro del módulo” (Digi International, 2009).



Figura 6.18 Modulo Xbee (Digi International,

6.4.5 Pruebas de Simulación

Prueba Caso I: Sensor de Calle 1 detecta vehículos en esta calle y asigna mayor tiempo para luz verde en el semáforo 1.

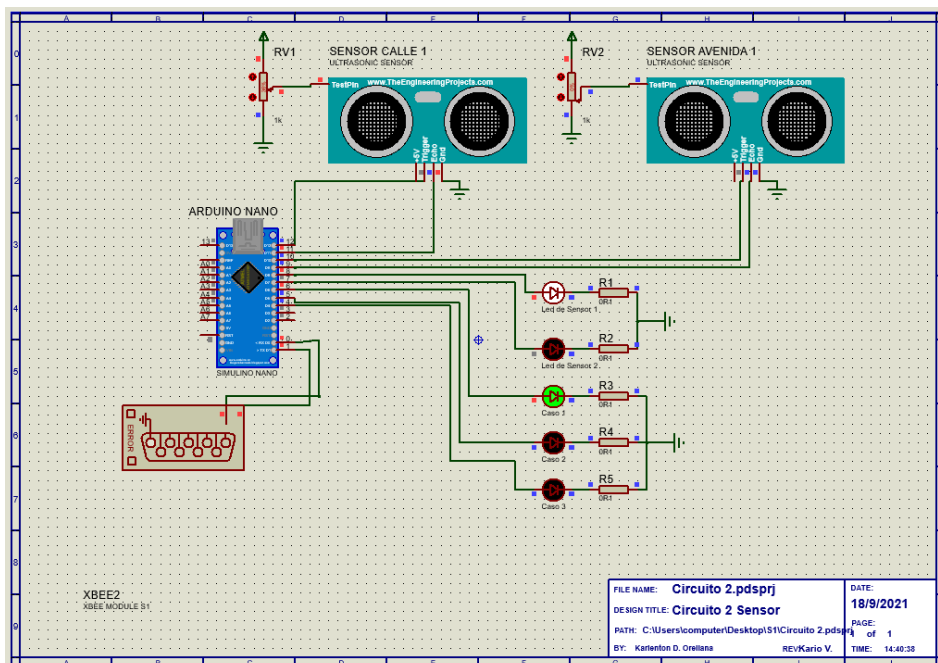


Figura 6.19 Simulación Circuito Electrónico Dos en el caso 1 (Diseño Propio)

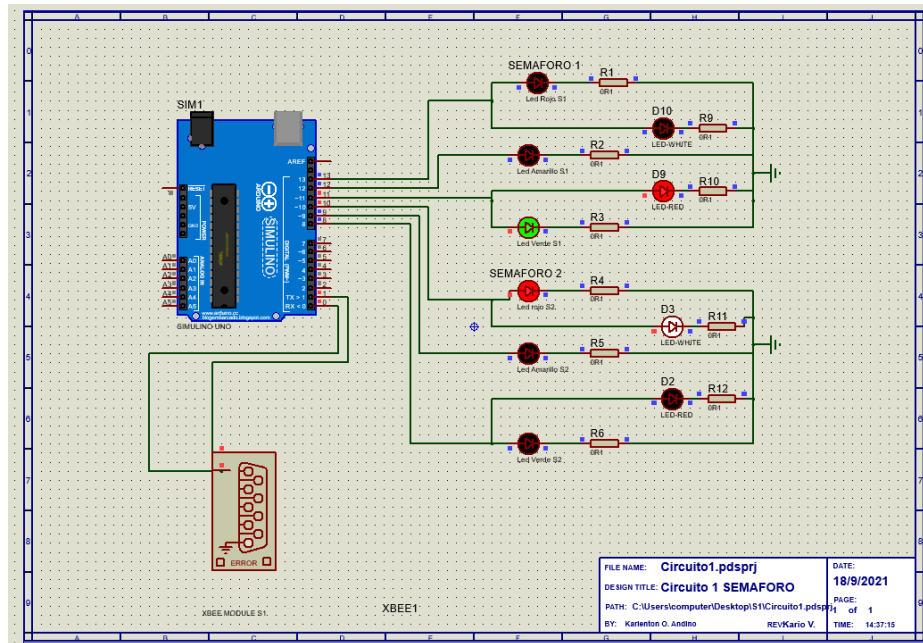


Figura 6.20 Simulación Circuito Electrónico Uno en caso 1.

Prueba Caso II: Sensor de Calle 2 detecta vehículos en esta calle y asigna mayor tiempo para luz verde en el semáforo 2.

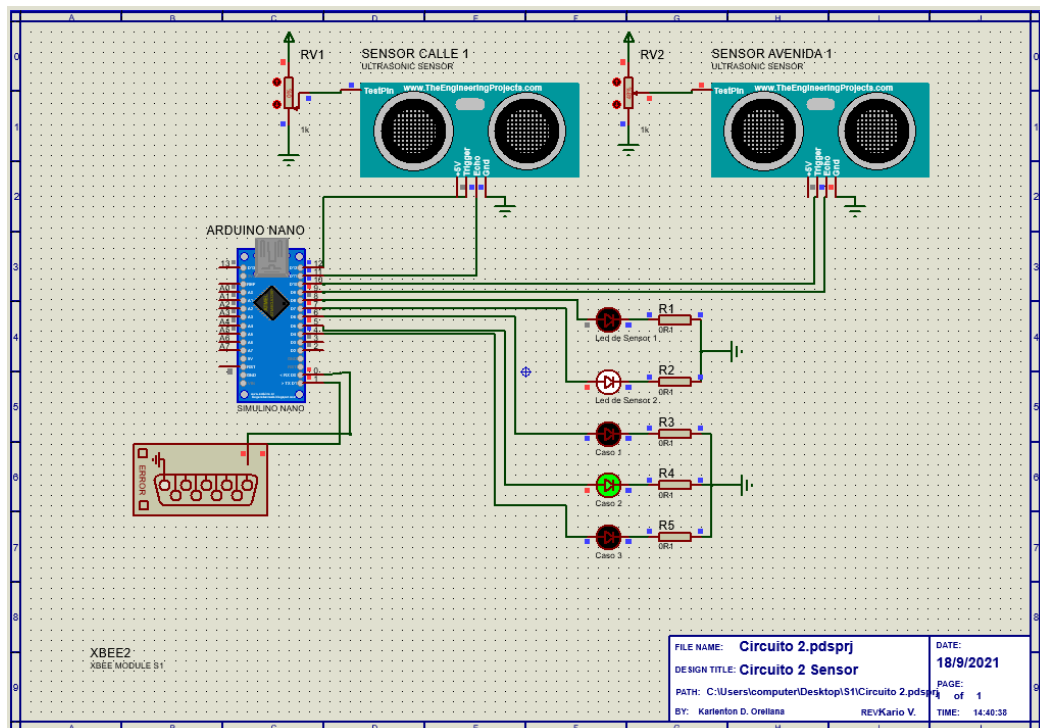


Figura 6.21 Simulación Circuito Electrónico Dos en caso 2 (Diseño Propio)

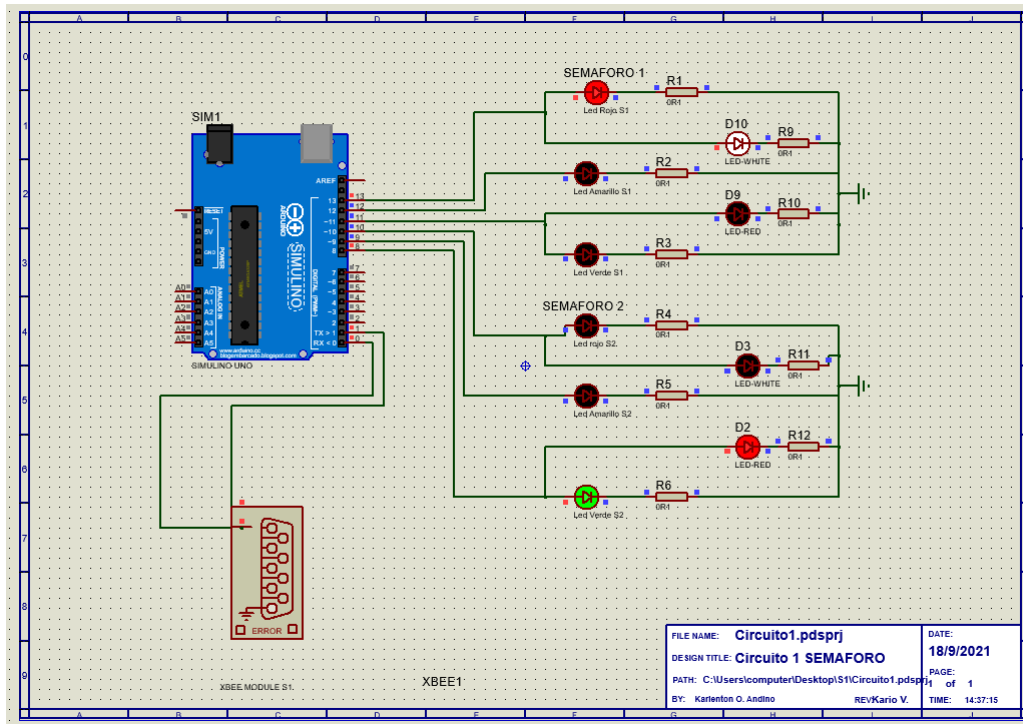


Figura 6.22 Simulación Circuito Electrónico Uno en caso 2 (Diseño Propio)

Prueba Caso III: Sensor de Calle 1 y sensor Calle 2 detectan vehículos en estas calles y asigna mismo tiempo para luz verde en ambos semáforos.

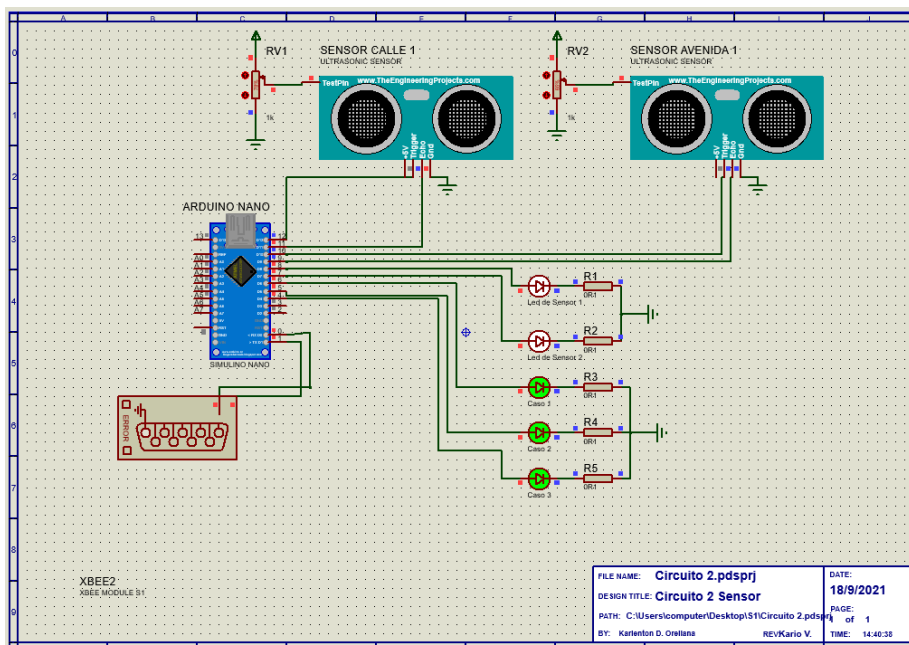


Figura 6.23 Circuito Electrónico Dos en caso 3 (Diseño Propio)

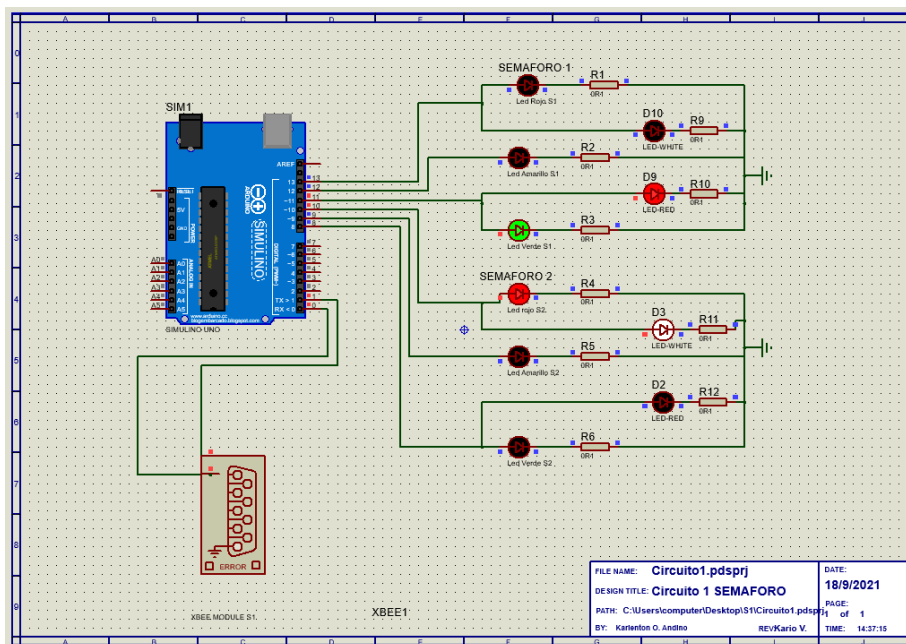


Figura 6.24 Circuito Electrónico Uno en caso 3 (Diseño Propio)

6.4.6 Costos de Implementación

6.4.6.1 Costo de material

- 10ma Calle

Tabla 6.14 Costo de materiales en la 10ma Calle

INTERCEPCIÓN 10MA CALLE	DISPÓSITO S	MARCA/MODEL O	CANTIDA D	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
1 (10MA CALLE- 1ERA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Sub total				
2 (10MA CALLE- 2DA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Sub total				
3 (10MA CALLE- 3ERA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04

	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Sub total				L 54,918.23
4 (10MA CALLE-4TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
		Sub total			
5 (10MA CALLE-5TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
		Sub total			
6 (10MA CALLE-6TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04

	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Luces Verdes	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Luces Blancas	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Sub total				L 59,926.28
MISCELLANEOUS	Alambre (Jumpers)		200	L 4.20	L 840.00
TOTAL					L 335,357.43

- **9na Calle**

Tabla 6.15 *Costo de materiales en la 9na Calle*

INTERCEPCIÓN 9NA CALLE	DISPÓSITIVOS	MARCA/MODELO	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	PRECIO TOTAL
1 (9NA CALLE-1ERA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Sub total				
2 (9NA CALLE-2DA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70

	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Sub total				L 54,918.23
3 (9NA CALLE-3ERA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
		Sub total			
4 (9NA CALLE-4TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
		Sub total			
5 (9NA CALLE-5TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Verdes	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
	Luces Blancas	Inal Lujos	2	L 1,669.35	L 3,338.70
		Sub total			

6 (9NA CALLE-6TA AVE.)	Sensor HC-SR04	Genérica	6	L 144.43	L 866.58
	Arduino Nano	Genérica	6	L 601.81	L 3,610.86
	Arduino Uno	Genérica	1	L 1,011.04	L 1,011.04
	Módulo Xbee	XB24-CZ7WIT-004	7	L 4,573.75	L 32,016.25
	Leds Blancas	YOROBOTICS	6	L 120.00	L 720.00
	Luces rojas	Inal Lujos	4	L 1,669.35	L 6,677.40
	Luces Amarillas	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Luces Verdes	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Luces Blancas	Inal Lujos	3	L 1,669.35	L 5,008.05
	Sub total				
MISCELLANEOUS	Alambre (Jumpers)		200	L 4.20	L 840.00
TOTAL					L 335,357.43

6.4.6.2 Costo de Administrativos

Tabla 6.16 *Costo de Personal*

PERSONAL	SALARIO	TOTAL EN 3 MESES
INGENIERO 1	L 18,000.00	L 54,000.00
INGENIERO 2	L 18,000.00	L 54,000.00
TÉCNICO	L 14,000.00	L 42,000.00
TÉCNICO	L 14,000.00	L 42,000.00
TÉCNICO	L 14,000.00	L 42,000.00
ADMINISTRADOR	L 15,000.00	L 45,000.00
CONTADOR	L 15,000.00	L 45,000.00
TOTAL		L 324,000.00

Tabla 6.17 *Gastos Administrativos*

MOVILIARIO Y EQUIPO		
COMPUTADORAS	L 35,000.00	
IMPRESORAS	L 5,000.00	
PROGRAMAS	L 5,000.00	
SUBTOTAL		L 45,000.00
PAPELERÍA		L 3,000.00
ALQUILER DE OFICINA		L 8,000.00
ENERGÍA Y AGUA		L 5,000.00
MAQUINARIA		L 2,000.00
PATENTES		L 5,000.00

TOTAL	L 68,000.00
--------------	-------------

6.4.6.3 Costo total de Implementación

Tabla 6.18 *Costo total de Implementación del Proyecto*

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
COSTO DE MATERIALES 10MA CALLE	L 335,357.43
COSTO DE MATERIALES 9NA CALLE	L 335,357.43
COSTO DE PERSONAL	L 324,000.00
GASTOS ADMINISTRATIVOS	L 68,000.00
TOTAL	L 1,062,714.86

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

- I. Se comprende que, como parte de la realización de esta investigación se puede decir que el desarrollo de un sistema de control vehicular con semáforos inteligentes para las calles de Comayagüela es un proyecto que requiere de retos logísticos para su

implementación. Es por eso, por lo que la correcta selección de los elementos que comprenden este sistema es de suma importancia ya que de ahí se basa la calidad del sistema.

- II. Acerca del dispositivo de control se determinará que los elementos que se deben seleccionar para la detección de vehículos con semáforos inteligentes de la zona en cuestión, estudiados en las hipótesis 1 y 2, deben ser sensores ultrasónicos, esto debido a que tienen un rango de detección de vehículos superior a otros sensores y este aspecto es de suma importancia para que se reduzca el tráfico en las calles de Comayagüela, también destaca, por su bajo consumo energético; de igual forma, dado que el tráfico se ve afectado cuando la distancia entre los semáforos es muy corta, se debe elegir un sistema con detección de largo alcance.
- III. Se afirma que la implementación de este Sistema de Control vehicular con Semáforos Inteligentes vendrá a reducir el tráfico en estas calles en un 60% o más lo cual resultaría en una gran ventaja para la población residente en Comayagüela, dado que más del 70% se vería beneficiado y este proyecto es aceptado por un 98% de la población de acuerdo con los resultados de la encuesta aplicada.
- IV. El desarrollo de la simulación se logró con el sensor ultrasónico mediante la implementación del programa Proteus y con el programa Arduino, en esta misma se demuestra un sistema de detección de presencia con solicitud de cruce extendida, lo que significa que el sensor detecta los vehículos durante todo el ciclo de control del semáforo para así determinar la calle que posee mayor cantidad de autos y priorizar su avance, de igual forma el desarrollo de esta simulación trajo bastante trabajo de investigación y educación para garantizar un correcto funcionamiento de la misma y que cumpla con los requerimientos del lugar. Esta misma simulación demostró como el sistema también puede ser inclusivo con los peatones y demostró la posibilidad de implementar semáforos para peatones en la zona.

CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

- I. Se recomienda en un futuro implementar a este buen sistema de control vehicular inteligente un módulo de alimentación con energía renovable lo cual vendría a dar

mayor autonomía al sistema y garantizaría su funcionamiento durante eventos de corte de energía en la zona.

- II. De igual forma se recomienda, previo a la futura implementación del sistema en la zona, una socialización con los usuarios y comerciantes de la zona sobre la importancia de respetar las normas establecidas por la Alcaldía Municipal, y de esta forma establecer los lugares de estacionamiento libre que no perjudiquen el flujo vial de la zona, así como la correcta delimitación de las paradas de autobuses.
- III. El uso de los actuales dispositivos de control sería de gran ayuda para poder reducir los costos de implementación al tener que comprar nuevos semáforos.
- IV. Por último, se recomienda la futura implementación de más sistemas de control vehicular inteligentes en calles cercanas a estas avenidas para lograr obtener un mejor tránsito vehicular y evitar embotellamientos, así mismo, garantizar un bienestar mayor para los ciudadanos.

CAPÍTULO IX: BIBLIOGRAFÍA

- 1) Arduino. (2021). *Arduino.com*. Obtenido de <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3/>
- 2) Arrieta, H. (2021 de Mayo de 20). *Academia.edu*. Obtenido de Flujo Vehicular. El tránsito vehicular (también llamado tráfico vehicular: [https://www.academia.edu/8263843/Flujo_Vehicular_El_tr%C3%A1nsito_vehicular_tambi%C3%A9n_llamado_tr%C3%A1fico_vehicular#:~:text=El%20tr%C3%A1nsito%20vehicular%20\(tambi%C3%A9n%20llamado%20tr%C3%A1fico%20vehicular%20o%20simplemente%20tr%C3%A1fico,ocupar%](https://www.academia.edu/8263843/Flujo_Vehicular_El_tr%C3%A1nsito_vehicular_tambi%C3%A9n_llamado_tr%C3%A1fico_vehicular#:~:text=El%20tr%C3%A1nsito%20vehicular%20(tambi%C3%A9n%20llamado%20tr%C3%A1fico%20vehicular%20o%20simplemente%20tr%C3%A1fico,ocupar%20)
- 3) Cachaldora, C. (19 de Abril de 2017). *La Región*. Obtenido de La historia del semáforo: <https://www.laregion.es/articulo/xornal-escolar/la-historia-del-semaforo/20170419143145702078.html>
- 4) Carbajal Mingol, E. Y., & Salas Montenegro, C. X. (2017). *Propuesta de mejora del Tráfico Vehicular mediante un Sistema Inteligente de Control de Tráfico optimizando la Red de Videovigilancia en la municipalidad de Gregorio Albarracín Lanchipan*. Tacna: Universidad Privada de Tacna.
- 5) CARBAJAL MINGOL, E. Y., & SALAS MONTENEGRO, C. X. (2017). *Propuesta De Mejora Del Tránsito Vehicular Mediante Un Sistema Inteligente De Control De Tráfico Optimizando La Red De Videovigilancia En La Municipalidad De Gregorio Albarracín Lanchipa, Tacna – 2017*. Tacna – Perú: Universidad Privada De Tacna.
- 6) Castro, I. J. (2017). *Desarrollo de un sistema inteligente de control de Tráfico con Software de Código Abierto en Sistemas Embebidos*. Zapopan, Jalisco: CIATEQ.
- 7) Editorial Definición MX. (28 de Marzo de 2015). *Definición MX*. Obtenido de Tránsito: <https://definicion.mx/transito/>.
- 8) Elvir, G. L. (1993). *Manual de Educación Vial*. Tegucigalpa: Dirección Nacional de Transito.
- 9) Guzmán, W. Á. (2013). *Eleboración e implementación de una maqueta prototipo de Semáforo Inteligente para la intersección de dos avenidas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- 10) Guzmán, W. R. (2013). *Elaboración e implentación de una maqueta prototipo de semáforo inteligente para la intersección de dos avenidas*. Quito: Escuela Politécnica Nacional de Quito.

- 11) Insitituto Nacional de Estadísticas. (2020). *Parque Vehicular 2016-2020*. Tegucigalpa: SECRETARÍA DEL DESPACHO PRESIDENCIAL.
- 12) Instituto Nacional de Estadísticas. (2018). *El parque vehicular en Honduras*. Tegucigalpa: INE.
- 13) Matías, M. F. (23 de Mayo de 2005). *Gestiopolis.com*. Obtenido de Teoría de Colas: <https://www.gestiopolis.com/teoria-de-colas/>
- 14) Pineda, N. (24 de Julio de 2018). *La Prensa*. Obtenido de La Prensa: <https://www.laprensa.hn/honduras/1200874-410/instalaran-semaforos-inteligentes-intersecciones-sps>
- 15) PrototipadoLAB. (5 de Mayo de 2018). <http://paolaguimerans.com/>. Obtenido de Definición de Sensor: <http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/>
- 16) Raffino, M. E. (9 de Febrero de 2021). *Concepto.de*. Obtenido de Distancia: <https://concepto.de/distancia/>
- 17) Redacción El País. (14 de Enero de 2020). *elpais.hn*. Obtenido de El Parque Vehicular De Honduras Creció En Un Millón Durante Nueve Años: <https://www.elpais.hn/2020/01/14/el-parque-vehicular-de-honduras-crecio-en-un-millon-durante-nueve-anos/#:~:text=El%20parque%20vehicular%20de%20Honduras%20creci%C3%B3%20en%20un%20mill%C3%B3n%20durante%20nueve%20a%C3%B1os,-Redacci%C3%B3n%20El%20Pa%C3%ADs&t>
- 18) Sabater, J. P. (2015). *Aplicación de Teorías de Colas en Dirección de Operaciones*. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
- 19) Soria Energía. (22 de Mayo de 2019). *Soriaenergia.com*. Obtenido de Qué es el consumo energético?: <https://soriaenergia.com/que-es-el-consumo-energetico/>
- 20) Vives, N. A. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Medellín: Ministerio de Transporte .
- 21) Zuniga, D. E. (2014). La Calle Real y la Feria de la Inmaculada Concepción. Lugar, memoria e identidad. *Revista Arte y Cultura*, 3-4.
- 22) Ahedo, J. (s. f.). *Como usar el módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 para evitar obstáculos con Robot Arduino/Genuino—Web-Robótica.com*. Recuperado 15 de septiembre de 2021, de <https://www.web-robotica.com/arduino/conceptos-basicos-arduino/como-usar-el-modulo-sensor-de-infrarrojos-ir-fc-51-para-evitar-obstaculos-con-robot-arduinogenuino>

- 23) ASALE, R.-. (2021). *Congestión / Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/congestión>
- 24) Digi International. (2009). *Product Manual v1.xEx—802.15.4 Protocol*. Digi International, Inc. <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>
- 25) ElectronicMade. (2020, abril 25). *Sensor Ultrasónico HC-SR04 con código de programación Arduino*. Blog Arduino, LabVIEW y Electrónica. <https://electronicamade.com/sensor-ultrasonico/>
- 26) Hevia Villanueva, M. (2019). *Análisis Inteligente de Movilidad*. Universidad de Oviedo. https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/53452/TFM_MariaHeviaVillanueva.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- 27) Méndez, A. V. (2009). *Desarrollo De Una Metodología Para El Control De La*. 130.
- 28) Poder Judicial de Honduras. (2005). *Ley de Tránsito*. La Gaceta. <https://www.tsc.gob.hn/web/leyes/Ley-de-Transito.pdf>
- 29) Sutagao. (2019). *Sensor Magnético KY-21*. <https://uelectronics.com/producto/modulo-ky-021-sensor-interruptor-magnetico/>
- 30) Thomson, I., & Bull, A. (2002). La congestión del tránsito urbano: Causas y consecuencias económicas y sociales. *Revista de la CEPAL*, 2002(76), 109-121. <https://doi.org/10.18356/fd4a1f83-es>
- 31) *XBee-Datasheet.pdf*. (s. f.). Recuperado 17 de septiembre de 2021, de <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>

CAPÍTULO X: ANEXOS

10.1 Apéndice A: Instrumentos de medición

10.1.1 Encuesta

CENTRO UNIVERSITARIO TECNOLÓGICO

Facultad de Ingeniería

Proyecto de Graduación



“Encuesta”

Estimado participante de este instrumento, se le solicita cordialmente responder la siguiente encuesta, la cual, tiene como objetivo fomentar el diseño de un sistema de control vehicular que incluya semáforos inteligentes en las calles de Comayagüela para la reducción del tráfico en esta zona y la mejora de la calidad de vida de los habitantes a largo plazo. La encuesta pretende indagar en la opinión pública de ciertos problemas relacionados al tráfico en la zona en cuestión. Se agradece su participación, las respuestas serán anónimas.

Género

- Hombre
- Mujer

Edad

- 18-30
- 31-40
- 41-50

- 51-60
- Mayor a 60

¿En qué zona del Distrito Central reside?

- Tegucigalpa
- Comayagüela

¿Es usted un conductor frecuente en la ciudad?

- Si
- No

¿Qué tipo de vehículo posee?

- Motocicleta
- Automóvil
- Ninguno

¿Cuántos vehículos hay en su hogar?

- vehículo
- Vehículos
- o más vehículos
- Ninguno

Por la mañana ¿En cuál de las dos calles considera usted que hay más tráfico?

- 10ma calle (Que conduce de Comayagüela con dirección a Tegucigalpa y el centro de la ciudad)
- 9na calle (Que se conduce de Tegucigalpa con dirección a los hogares al norte de la Comayagüela)

Por la tarde ¿En cuál de las dos calles considera usted que hay más tráfico?

- 10ma calle (Que conduce de Comayagüela con dirección a Tegucigalpa y el centro de la ciudad)
- 9na calle (Que se conduce de Tegucigalpa con dirección a los hogares al norte de la Comayagüela)

En base a su experiencia ¿Cuánto tiempo considera que se tarda en cruzar el tráfico de la 9na y 10ma calles de Comayagüela durante las horas pico?

- Menor a 30 minutos
- Mayor a 30 minutos
- Es mayor a 30 minutos durante todo el día

¿Cree usted que la corta distancia existente entre un semáforo y otro genera más tráfico en la zona?

- Muy de acuerdo
- De acuerdo
- Indiferente
- En desacuerdo
- Muy en desacuerdo

Si se implementara sistema de control vehicular con semáforos inteligentes en las 9na y 10ma calles de Comayagüela ¿A qué zona considera usted que brindaría mayores beneficios?

- Conductores residentes en Tegucigalpa
- Conductores residentes en Comayagüela

¿En qué porcentaje considera usted que el sistema de control vehicular con semáforos inteligentes reduciría el tráfico en las calles de Comayagüela?

- 10%

- 20%
- 30%
- 40%
- 50%
- 60% o más

¿Estaría de acuerdo con la implementación de estos sistemas de control vehicular en esta zona? Aceptación del proyecto

- Si
- No

Tabla 10.1 *Matriz del libro de códigos para la encuesta.*

Pregunta	Variable	Etiqueta	Código
<i>Género</i>	Género	Hombre	1
		Mujer	2
<i>Edad</i>	Edad	18-30	1
		31-40	2
		41-50	3
		51-60	4
		Mayor a 60	5
<i>¿En qué zona del Distrito Central reside?</i>	Zona de residencia	Tegucigalpa	1
		Comayagüela	2

<i>¿Es usted un conductor frecuente en la ciudad?</i>	Conductor activo	Si	1
		No	2
<i>¿Qué tipo de vehículo posee?</i>	Tipo de vehículo	Motocicleta	1
		Automóvil	2
		Ninguno	3
<i>¿Cuántos vehículos hay en su hogar?</i>	Cantidad de vehículos	1 vehículo	1
		2 Vehículos	2
		3 o más vehículos	3
		Ninguno	4
<i>Por la mañana ¿En cuál de las dos calles considera usted que hay más tráfico?</i>	Flujo vehicular en la mañana	10ma calle (Que conduce de Comayagüela con dirección a Tegucigalpa y el centro de la ciudad)	1
		9na calle (Que se conduce de Tegucigalpa con dirección a los hogares al norte de la Comayagüela)	2
<i>Por la tarde ¿En cuál de las dos calles considera usted que hay más tráfico?</i>	Flujo vehicular en la tarde	10ma calle (Que conduce de Comayagüela con dirección a Tegucigalpa y el centro de la ciudad)	1

		9na calle (Que se conduce de Tegucigalpa con dirección a los hogares al norte de la Comayagüela)	2
<i>En base a su experiencia ¿Cuánto tiempo considera que se tarda en cruzar el tráfico de la 9na y 10ma calles de Comayagüela durante las horas pico?</i>	Tiempo de espera en fila	Menor a 30 minutos	1
		Mayor a 30 minutos	2
		Es mayor a 30 minutos durante todo el día	3
<i>¿Cree usted que la corta distancia existente entre un semáforo y otro genera más tráfico en la zona?</i>	Distancia entre vehículos	Muy de acuerdo	1
		De acuerdo	2
		Indiferente	3
		En desacuerdo	4
		Muy en desacuerdo	5
<i>Si se implementara sistema de control vehicular con semáforos inteligentes en las 9na y 10ma calles de Comayagüela ¿A qué zona considera usted que brindaría mayores beneficios?</i>	Zona beneficiada	Conductores residentes en Tegucigalpa	1
		Conductores residentes en Comayagüela	2

<p><i>¿En qué porcentaje considera usted que el sistema de control vehicular con semáforos inteligentes reduciría el tráfico en las calles de Comayagüela?</i></p>	<p>Porcentaje de Beneficiencia</p>	10%	1
		20%	2
		30%	3
		40%	4
		50%	5
		60% o más	6
<p><i>¿Estaría de acuerdo con la implementación de estos sistemas de control vehicular en esta zona?</i></p>	<p>Aceptación del proyecto</p>	Si	1
		No	2

10.1.2 Observación directa

Mediante el uso de cronometro y tablas de datos definidas para la información que se requería fue posible obtener información que respalda los datos de las encuestas.

Tabla 10.2 *Ejemplo de tabla para la recolección de datos mediante observación*

10MA CALLE		
VIAJES	Hora	Tiempo (Min)
1	7:00 a.m.	05:32
2	7:15 a.m.	06:17

3	7:30 a.m.	07:04
4	7:45 a.m.	08:12
5	8:00 a.m.	06:29
6	8:15 a.m.	04:29
7	8:30 a.m.	03:30
8	8:45 a.m.	03:18
9	9:00 a.m.	03:10
10	9:15 a.m.	03:50

10.2 Apéndice B: Tablas ilustrativas del Marco Teórico

**Parque vehicular, según categoría del vehículo
2014 – 2018**

Categoría	2014	%	2015	%	2016	%	2017	%	2018	%
Pick up y Jeep	347,974	25.6	353,895	25.0	359,380	23.6	370,924	22.2	383,697	20.7
Turismo	260,820	19.2	269,268	19.0	296,596	19.5	322,168	19.3	347,735	18.8
Motocicletas	453,620	33.3	483,557	34.1	550,260	36.2	648,820	38.8	760,023	41.1
Camionetas de lujo y trabajo	122,280	9.0	128,693	9.1	141,089	9.3	155,514	9.3	176,510	9.5
Camión	58,610	4.3	62,951	4.4	72,148	4.7	75,150	4.5	69,260	3.7
Buses y similares	40,716	3.0	41,511	2.9	53,741	3.5	55,534	3.3	56,690	3.1
Vehículos pesados	51,133	3.8	51,677	3.6	46,593	3.1	41,596	2.5	54,205	2.9
Otras categorías	25,138	1.8	25,126	1.8	1,904	0.1	1,927	0.1	1,529	0.1
Total	1,360,291	100	1,416,678	100	1,521,711	100	1,671,633	100	1,849,649	100

Fuente: Elaborado por INE, con información proveniente del Instituto de la Propiedad (IP)

Figura 10.1 Parque Vehicular, según categoría del vehículo

**Parque Vehicular por Departamento
(2014 al 2018)**

Departamento	2014	2015	2016	2017	2018
Francisco Morazán	383,099	406,336	383,099	480,356	525,800
Cortés	302,809	343,251	302,809	410,805	451,177
Atlántida	80,758	88,634	99,985	114,565	127,366
Yoro	72,701	78,200	72,701	96,001	108,113
Comayagua	66,908	72,498	80,279	89,445	98,700
Olancho	59,600	64,653	71,841	80,496	91,189
Choluteca	46,839	50,499	55,454	61,587	63,370
El Paraíso	44,105	47,516	53,124	58,737	64,172
Copán	40,497	43,134	47,136	52,805	59,212
Colón	34,962	38,856	44,914	52,074	59,243
Santa Bárbara	36,892	39,142	42,465	47,049	52,216
Lempira	19,865	21,377	23,444	26,589	29,881
Ocotepeque	17,755	18,880	20,592	22,594	24,462
Valle	18,160	19,478	21,263	23,444	26,654
Intibuca	15,222	16,277	17,916	20,047	22,661
La Paz	14,347	15,321	16,774	18,699	20,983
Islas de la Bahía	10,087	11,504	12,974	14,403	16,223
Gracias a Dios	1,403	1,536	1,776	1,994	2,227
Total	1,266,009	1,377,092	1,368,546	1,671,690	1,843,649

Fuente: Elaborado por INE, con información proveniente del Instituto de la Propiedad (IP)

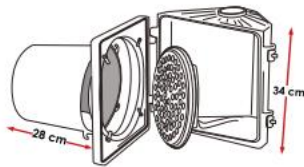
Figura 10.2 Parque vehicular por departamentos

10.3 Apéndice C Fichas de Especificaciones y Diagramas esquemáticos

SEMAFOROS[®] SEMÁFORO LED VIAL SÓLIDO DE 30 CM CON MICA DE COLOR

Características generales

- Fabricado en Policarbonato de alta resistencia contra los rayos UV, humedad y vibraciones, que provee una máxima durabilidad.
- Tamaño de housing (GABINETE) de 30 cm.
- Puerta abatible que facilita el acceso al interior de la carcasa.
- Cerraduras en acero inoxidable tipo helicoidal fáciles de abrir.
- Visera diseñada para adaptarse a cualquier tipo de semáforo.
- Lámparas con mica de color que facilitan la visibilidad del conductor y evitan el efecto fantasma.
- Voltaje de operación entre: 80 V - 135V.
- Cada lámpara cuenta con LEDs de alta intensidad.
- Garantía de vida útil por más de 8 años.
- Cumple con los estándares ITE y Caltrans de EUA.
- Visera tipo túnel de fácil ensamble para su posición horizontal o vertical.
- Secciones independientes de fácil armado.



COLOR	RANGO DE VOLTAJE DE OPERACIÓN	CONSUMO (Watts)	LONGITUD DE ONDA
ROJO	80 - 135	7.7	625
ÁMBAR	80 - 135	14.5	590
VERDE	80 - 135	8	500

Río Altar #26333 | Colonia El Rosario | C.P. 44890 | Guadalajara, Jalisco.
 contacto@semaforos.com.mx | ☎(33) 3657 0699 | ☎01 800 001 8425

Av. de las Torres #1, Col. Lomas de San Agustín, Naucalpan de Juárez, Edo de México. C.P. 53490 | mx@semaforos.com.mx | ☎(55) 7577 4437 | ☎(55) 7920 5283

semaforos.com.mx




Síguenos en:   

Figura 10.3 Ficha técnica de semáforos

Especificación técnica

- **Tamaños:**
 - 200mm y 300mm.
- **Alimentación:**
 - Versiones de 80V a 250V CA, 50Hz y a 12V DC.
- **Caja estabilizada y protegida contra radiaciones UV.**
- **Protección contra picos y transitorios de la tensión de alimentación.**
- **Fusible incorporado.**
- **Temperatura de Operación:** -40°C a +74°C.
- **Con compensación de temperatura.**
- **Grado de protección:** IP66.
- **Factor de potencia superior a 0,9.**
- **Consumo menor que 12W.**
 - Rojo y Ámbar: 9W a 12W.
 - Verde: 10W a 12W.
- **Longitud de onda dominante:**
 - Rojo: >618nm.
 - Ámbar: 586nm a 596nm.
 - Verde: 490nm a 510nm.
- **Número de LEDs en luces de 200mm:**
 - Rojo: 120.
 - Ámbar: 120.
 - Verde: 120.
- **Número de LEDs en luces de 300mm:**
 - Rojo: 248.
 - Ámbar: 248.
 - Verde: 128.
- **Pérdida de brillo debido al fallo de un punto de luz:** <5%.
- **Garantía:** Fallo de algún punto de luz: 5 años.

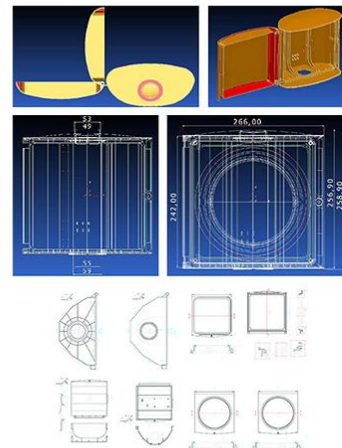


Figura 10.4 Especificaciones técnicas de semáforos

Tabla 10.3 Ficha de especificaciones de Arduino Uno (Arduino, 2021)

<i>Microcontroller</i>	atmega328p
<i>Operating voltage</i>	5v
<i>Input voltage (recommended)</i>	7-12v
<i>Input voltage (limit)</i>	6-20v
<i>Digital i/o pins</i>	14 (of which 6 provide pwm output)
<i>Pwm digital i/o pins</i>	6
<i>Analog input pins</i>	6
<i>Dc current per i/o pin</i>	20 ma
<i>Dc current for 3.3v pin</i>	50 ma
<i>Flash memory</i>	32 kb (atmega328p) of which 0.5 kb used by bootloader
<i>Sram</i>	2 kb (atmega328p)
<i>Eeprom</i>	1 kb (atmega328p)
<i>Clock speed</i>	16 mhz
<i>Led_builtin</i>	13
<i>Length</i>	68.6 mm
<i>Width</i>	53.4 mm
<i>Weight</i>	25 g

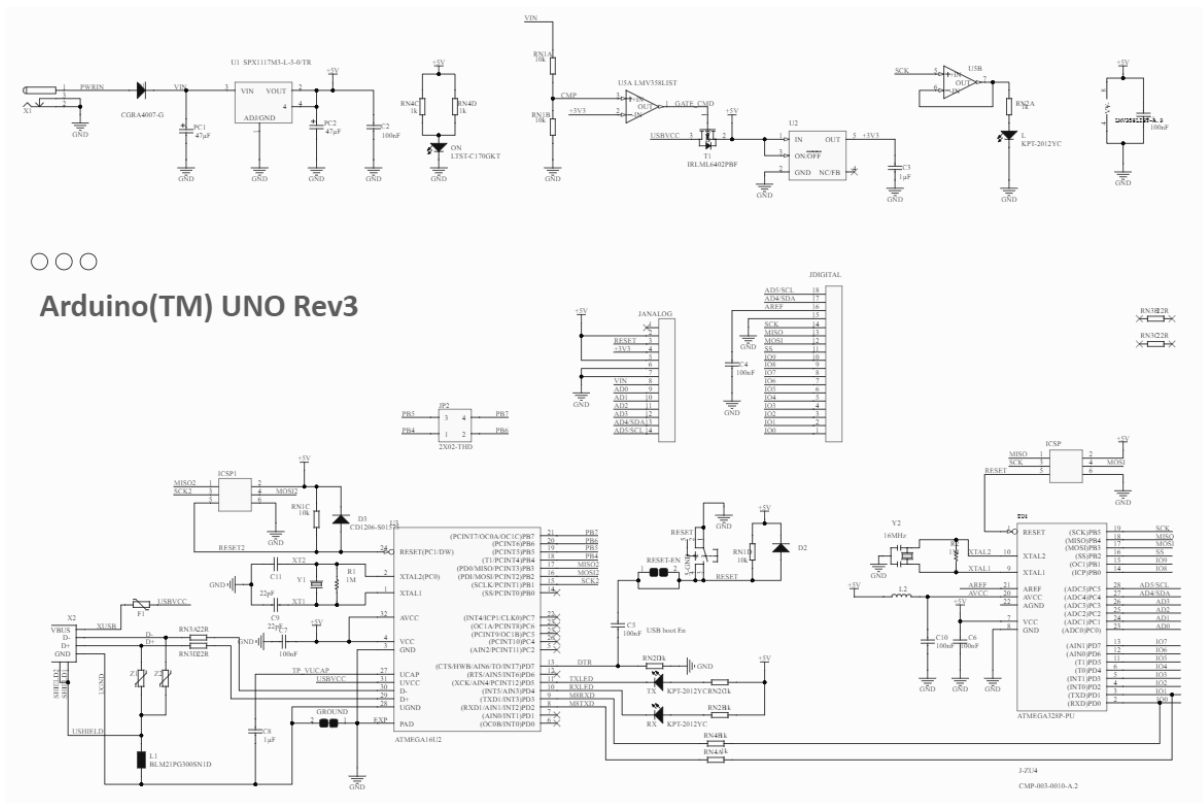


Figura 10. 5 Diseño Esquemático del Arduino Uno (Arduino, 2021)

Tabla 10.4 Hoja de Especificaciones de Arduino Nano (Arduino, 2021)

Microcontroller	Atmega328
Architecture	Avr
Operating voltage	5 v
Flash memory	32 kb of which 2 kb used by bootloader
Sram	2 kb
Clock speed	16 mhz

<i>Analog in pins</i>	8
<i>Eeprom</i>	1 kb
<i>Dc current per i/o pins</i>	40 ma (i/o pins)
<i>Input voltage</i>	7-12 v
<i>Digital i/o pins</i>	22 (6 of which are pwm)
<i>Pwm output</i>	6
<i>Power consumption</i>	19 ma
<i>Pcb size</i>	18 x 45 mm
<i>Weight</i>	7 g
<i>Product code</i>	A000005

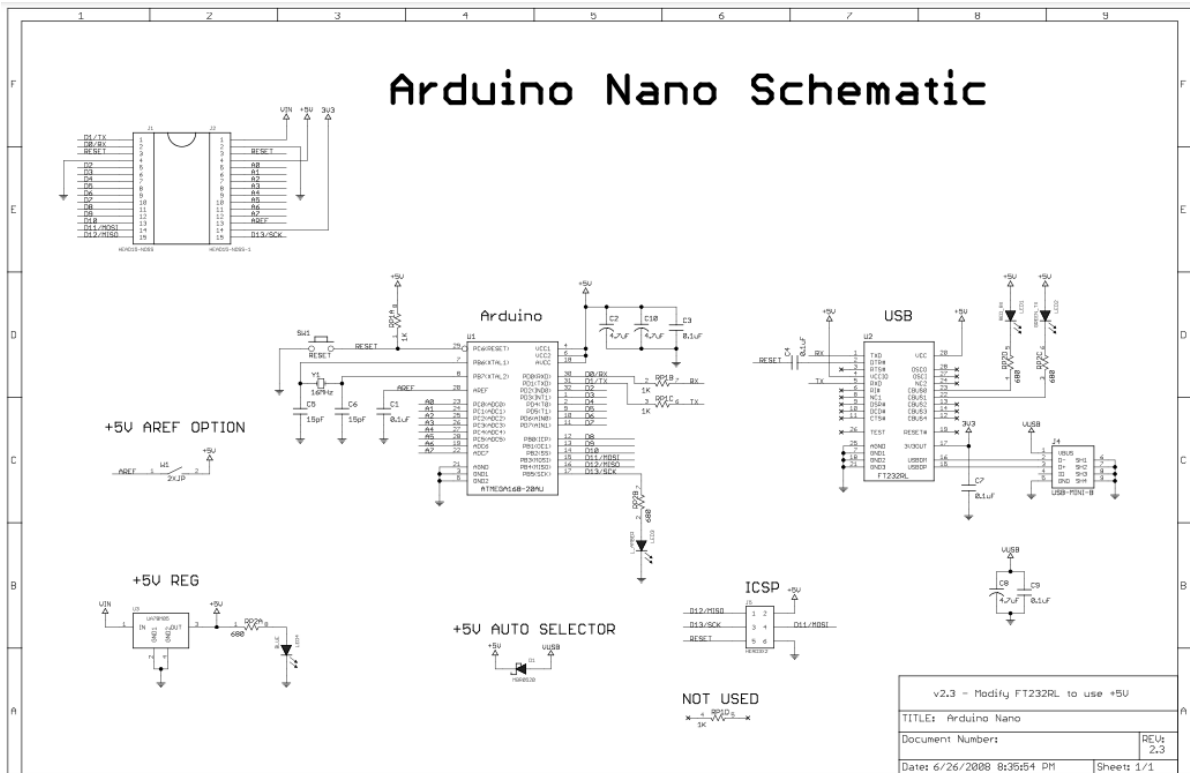


Figura 10.6 Diseño esquemático del Arduino Nano (Arduino, 2021)

Specification	XBee	XBee-PRO
Performance		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) International variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
Power Requirements		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 μ A	< 10 μ A
General		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
Networking & Security		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
Agency Approvals		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

Figura 10.7 Hoja de especificaciones del módulo Xbee (XBee-Datasheet.pdf, 2009)

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

□ Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The modules includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

□ Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Figura 10.8 Hoja de especificaciones del Sensor HC-SR04

Specifications

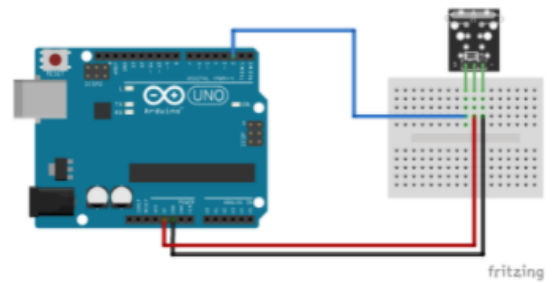
The KY-021 Mini Magnetic Reed Switch Module consists of a 10kΩ resistor and a small reed switch actuated by a magnetic field, commonly used in mechanical systems as proximity sensors. Compatible with popular electronic platforms like Arduino, Teensy, and ESP8266.

Operating Voltage	3.3V to 5v
Output Type	Digital
Board Size	18.5mm x 15mm [0.728in x 0.591in]

KY-021 Connection Diagram

Connect the module's Power line (middle) and ground (-) to +5 and GND respectively. Connect signal (S) to pin 2 on the Arduino.

KY-021	Arduino
S	2
middle	+5V
-	GND



[click to enlarge](#)

Figura 10.9 Especificaciones Sensor magnético KY-21

Especificaciones

- Función: Detector de obstáculos
- Chip principal: LM393
- Voltaje de alimentación mínimo: 3.3 V
- Voltaje de alimentación máximo: 5 V
- Distancia de detección mínima: 2 cm (Ajustable con el potenciómetro)
- Distancia detección máxima: 30 cm (Ajustable con el potenciómetro)
- Angulo de detección: 35°
- Distribución de pines:
 - Pin de alimentación VCC: 3.3 V - 5 V
 - Pin de alimentación 0 V: GND
 - Pin de OUT: Salida digital Pin
- Indicador de alimentación: LED rojo
- Indicador de salida digital: LED verde
- Dimensiones: 31 mm X 15 mm
- Número de pines: 3
- Modelo: FC-51
- Modelo: E14
- Modelo: OKY3127

Figura 10.10 Especificaciones Sensor infrarrojo FC-51

Technical Details	
Dimensions	42mm x 38mm x 15mm
Weight	G.W 20g N.W 10g
Battery	Exclude
Processor	NXP LPC4330, 204 MHz, dual core
Image sensor	Aptina MT9M114, 1296×976 resolution with integrated image flow processor
Lens field-of-view	60 degrees horizontal, 40 degrees vertical
Power consumption	140 mA typical
Power input	USB input (5V) or unregulated input (6V to 10V)
RAM	264K bytes
Flash	2M bytes
Available data outputs	UART serial, SPI, I2C, USB, digital, analog
Integrated light source, approximately 20 lumens	

Figura 10.11 Especificaciones Pixy2 Cam para el procesamiento de imágenes.

10.4 Apéndice D Código de Programación de las Simulaciones

10.4.1 Código de Simulación 1: Circuito de Control y Regulación.

```
int rojo1 = 13;
int verde1 = 11;
int ambar1 = 12;
int rojo2 = 10;
int verde2 = 8;
int ambar2 = 9;
```

```
void setup() {
    Serial.begin(9600);
```

```
    pinMode(rojo1, OUTPUT);
    pinMode(verde1, OUTPUT);
    pinMode(ambar1, OUTPUT);
    pinMode(rojo2, OUTPUT);
    pinMode(verde2, OUTPUT);
    pinMode(ambar2, OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    char data = Serial.read();
    Serial.print(data);
    if(data == '1'){
        caso1();
        Serial.println("Mayoría de autos en la calle 1");}
```

```
    if(data == '2'){
        caso2();
        Serial.println("Mayoría de autos en la calle 2");}
```

```
    if(data == '3'){
```

```
    caso3();  
  }  
}  
  
void caso1(){  
  digitalWrite(verde1,HIGH);  
  digitalWrite(rojo2,HIGH);  
  
  digitalWrite(verde1,HIGH);  
  delay(3000);  
  digitalWrite(verde1,LOW);  
  
  digitalWrite(ambar1,HIGH);  
  delay(300);  
  digitalWrite(ambar1,LOW);  
  
  digitalWrite(rojo1,HIGH);  
  digitalWrite(rojo2,LOW);  
  
  digitalWrite(verde2,HIGH);  
  delay(2000);  
  digitalWrite(verde2,LOW);  
  
  digitalWrite(ambar2,HIGH);  
  delay(300);  
  digitalWrite(ambar2,LOW);  
  
  digitalWrite(rojo1,LOW);  
  
}
```

```
void caso2(){

    digitalWrite(verde1,HIGH);
    digitalWrite(rojo2,HIGH);

    digitalWrite(verde1,HIGH);
    delay(2000);
    digitalWrite(verde1,LOW);

    digitalWrite(ambar1,HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(ambar1,LOW);

    digitalWrite(rojo1,HIGH);
    digitalWrite(rojo2,LOW);

    digitalWrite(verde2,HIGH);
    delay(3000);
    digitalWrite(verde2,LOW);

    digitalWrite(ambar2,HIGH);
    delay(300);
    digitalWrite(ambar2,LOW);

    digitalWrite(rojo1,LOW);

}
```

```
void caso3(){

    digitalWrite(verde1,HIGH);
```

```
digitalWrite(rojo2,HIGH);

digitalWrite(verde1,HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(verde1,LOW);

digitalWrite(ambar1,HIGH);
delay(300);
digitalWrite(ambar1,LOW);

digitalWrite(rojo1,HIGH);
digitalWrite(rojo2,LOW);

digitalWrite(verde2,HIGH);
delay(3000);
digitalWrite(verde2,LOW);

digitalWrite(ambar2,HIGH);
delay(300);
digitalWrite(ambar2,LOW);

digitalWrite(rojo1,LOW);

}
```

10.4.2 Código de Simulación 2: Circuito de Detección de objetos.


```
long t1;
long d1;
long t2;
long d2;
int ledS1 = 8;
int ledS2 = 7;

int ledControl_1 = 6;
int ledControl_2 = 5;
int ledControl_3 = 4;

const int trigPinS1 = 12;
const int echoPinS1 = 11;
const int trigPinS2 = 10;
const int echoPinS2 = 9;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(trigPinS1, OUTPUT);
  pinMode(echoPinS1, INPUT);
  pinMode(trigPinS2, OUTPUT);
  pinMode(echoPinS2, INPUT);
  digitalWrite(trigPinS1,LOW);
  digitalWrite(trigPinS2,LOW);
  pinMode(ledControl_1, OUTPUT);
  pinMode(ledControl_2, OUTPUT);
  pinMode(ledControl_3, OUTPUT);
}
```

```
void loop() {  
    digitalWrite(trigPinS1,HIGH);  
    delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10 us.  
    digitalWrite(trigPinS1,LOW);  
    t1=pulseIn(echoPinS1,HIGH);  
    d1=t1/59;  
    if(d1>10){  
        digitalWrite(ledS1,HIGH);  
        Serial.print("1");  
        digitalWrite(ledControl_1,HIGH);  
  
    }else{  
        digitalWrite(ledS1,LOW);  
        digitalWrite(ledControl_1,LOW);  
    }  
  
    digitalWrite(trigPinS2,HIGH);  
    delayMicroseconds(10); //Enviamos un pulso de 10 us.  
    digitalWrite(trigPinS2,LOW);  
    t2=pulseIn(echoPinS2,HIGH);  
    d2=t2/59;  
  
    if(d2>10){  
        digitalWrite(ledS2,HIGH);  
        Serial.print("2");  
        digitalWrite(ledControl_2,HIGH);  
  
    }else{  
        digitalWrite(ledS2,LOW);  
        digitalWrite(ledControl_2,LOW);  
    }  
}
```

```
if((d2>10)&&(d1>10)){  
  Serial.print("3");  
  digitalWrite(ledControl_3,HIGH);  
}else{  
  digitalWrite(ledControl_3,LOW);  
}  
  
}
```