



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE SISTEMA DE
COMUNICACIÓN PARA DISPONIBILIDAD
Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN
UNIDADES DE TRANSPORTE PÚBLICO
EN VALENICIA, ESTADO CARABOBO**

Autor: Ernesto David Ramos Contreras

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master) – Fax: (0241) 8712394

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CARRERA: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA DISPONIBILIDAD
Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN UNIDADES DE TRANSPORTE
PÚBLICO EN VALENCIA, ESTADO CARABOBO**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de
INGENIERO DE TELECOMUNICACIONES

Autor: Ernesto David Ramos Contreras

C.I.: 21.200.846

Tutor: Ing. Rainier Blanco

San Diego, marzo 2018



Universidad José Antonio Páez
Facultad de Ingeniería

FI-T-068-2018-1

Valencia, 25 de Enero de 2018.

Ciudadano:

Ernesto Ramos

C.I. 21.200.846

Presente.-

Cumplo con informarle que la Comisión de Trabajo de Grado y Pasantías de la Facultad de Ingeniería en su reunión N° 1-2018 de fecha 25/01/2018 aprobó el proyecto de trabajo de grado titulado **"PROPUESTA DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA DISPONIBILIDAD Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN UNIDADES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN VALENCIA, ESTADO CARABOBO"** presentado por usted como requisito para optar al título de Ingeniero en Telecomunicaciones.

Se ratifica la designación del Ing. Rainier Blanco, C.I. 11.556.607 y la Ing. Alicia Yanez de Pizzella, C.I. 4.598.880 como Tutores Académicos que lo asesorarán en el desarrollo de este proyecto.

Atentamente,

Prof. Zulay Salcedo

Decana de la Facultad de Ingeniería



c. c. Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado (1).

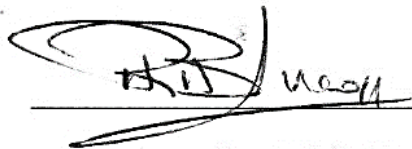
ZS/fr

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CARRERA: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ing. Rainier Blanco, portador de la cédula de identidad N° 11.556.607, hace constar que ha leído el Proyecto del Trabajo de Grado, presentado por el ciudadano Ernesto David Ramos Contreras, portador de la cédula de identidad N° 21.200.846 titulado **PROPUESTA DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA DISPONIBILIDAD Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN UNIDADES DE TRANSPORTE PÚBLICO EN VALENCIA, ESTADO CARABOBO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero de Telecomunicaciones y acepta la tutoría del mencionado Proyecto durante su etapa de desarrollo hasta su elaboración y evaluación; según las condiciones de la Coordinación de Pasantías y Trabajo de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad José Antonio Páez y sus correspondientes Reglamentos.

En San Diego, a los quince días del mes de marzo del año dos mil dieciocho.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rainier Blanco', is written over a horizontal line. The signature is stylized and somewhat cursive.

Ing. Rainier Blanco

C.I. N° 11.556.607

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	pp.
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I EL PROBLEMA	
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	5
1.3. Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación.....	6
1.5. Alcance.....	7
II MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	11
2.3. Definición de Términos Básicos.....	21
III MARCO METODOLÓGICO	
3.1. Tipo de Investigación.....	22
3.2. Diseño de la Investigación.....	22
3.3. Nivel de la Investigación.....	23
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	23
3.5. Fases Metodológicas.....	25
3.6. Técnicas de Análisis de Datos.....	27

IV RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual del sistema de transporte público y la operatividad de las redes móviles en Valencia.....	28
4.2. Evaluación de la factibilidad de implementar un sistema de comunicación con respuesta programada en las unidades de transporte urbano en Valencia.....	35
4.3. Requerimientos y Limitaciones a considerar en el desarrollo de un sistema de comunicación para una unidad de transporte público.....	41
4.4. Diseño de un sistema de comunicación con respuesta programada para la disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público.....	53

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.....	72
Recomendaciones.....	73

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias impresas.....	75
Referencias electrónicas.....	76

ANEXOS

A. Hoja de datos: Módulo A7 GSM GPRS GPS 3 en 1.....	79
B. Hoja de datos: Módulo Sensor PIR SC-SR501.....	81
C. Hoja de datos: Arduino MEGA 2560.....,	85

LISTA DE TABLAS

TABLA	pp.
1 Clasificación del nivel de ocupación de una unidad de transporte público....	12
2 Lista de comandos AT para configurar un módulo GSM.....	16
3 Lista de comandos AT para instrucciones de SMS.....	17
4 Lista de Cotejo de los aspectos que influyen en el Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo.....	29
5 Escala de estimación de los aspectos que influyen Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo.....	30

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	pp.
1 Clasificación del nivel de ocupación de una unidad de transporte público.....	13
2 Esperas prolongadas en las paradas de autobuses.....	32
3 Unidades de transporte público saturadas.....	32
4 Vehículo de transporte público improvisado circulando en la ciudad.....	33
5 Mapa de Cobertura de las operadoras de telefonía móvil en Valencia.....	34
6 Mapa de Valencia.....	37
7 Leyenda de Mapa estándar de OpenStreetMap.....	38
8 Mapa de Cobertura de las operadoras de telefonía móvil en la Av. Bolívar.....	39
9 Mapa de Cobertura de Movilnet en la Av. Bolívar.....	39
10 Mapa de Cobertura de Movistar en la Av. Bolívar.....	40
11 Mapa de Cobertura de Digitel en la Av. Bolívar.....	40
12 Módulo GSM 5100B de Sparkfun Electronics (Descontinuado).....	42
13 Módulo A7 GSM GPRS GPS 3 en 1 de MakerFocus.....	43
14 Información sobre el sensor IS471FE, calificado como obsoleto.....	46
15 Sensor PIR HC-SR501.....	47
16 Comparativa entre los modelos Arduino UNO y Arduino Mega.....	50
17 Diagrama de Bloques Sistema de Comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en una unidad de transporte público.....	54
18 Diagrama de flujo del Contador de Pasajeros.....	55
19 Diagrama de Flujo del Sistema de Comunicación para Disponibilidad y Ubicación geográfica en una unidad de transporte público.....	56
20 Montaje de la simulación de un sistema de comunicación sobre disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público...	59
21 Declaración de variables y programación de puertos en código.....	61
22 Código de programación: Contador de pasajeros.....	62

23	Código de programación: Indicación de condición de mensaje.....	63
24	Código de programación: envío de mensaje valido.....	65
25	Código de programación: envío de mensaje de texto inválido.....	66
26	Programa compilado.....	66
27	Prueba del GPS.....	67
28	Prueba del sensor para ingreso de pasajeros.....	68
29	Prueba del sensor para salida de pasajeros.....	68
30	Simulación de envío de mensaje válido.....	69
31	Ubicación geográfica estimada en Nominatim vista desde un teléfono móvil...	71

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE TELECOMUNICACIONES
CARRERA: INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

**PROPUESTA DE SISTEMA DE COMUNICACIÓN PARA DISPONIBILIDAD
Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN UNIDADES DE TRANSPORTE
PÚBLICO EN VALENCIA, ESTADO CARABOBO**

Autor: Ernesto David Ramos Contreras

Tutor: Ing. Rainier Blanco

Fecha: marzo de 2018

RESUMEN

El servicio de transporte público es indispensable en todas las regiones, ya que una gran parte de la población requiere de este para movilizarse y poder realizar sus actividades. En la actualidad, el sistema de transporte público de la ciudad de Valencia no es capaz de satisfacer la demanda de usuarios, generando disconformidad en estos ya que en muchos casos deben esperar largo tiempo en las paradas y algunos pueden terminar realizando el recorrido en condiciones inadecuadas. También, debido a que los transportistas permiten el hacinamiento en las unidades, estas se deterioran con mayor rapidez y quedan fuera de circulación. Por tal motivo, se desarrolló la propuesta de un sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público para esta ciudad como una forma de contribuir a mejorar la calidad del servicio. El sistema propuesto se basa en la programación de un microcontrolador que realiza la cuenta de los pasajeros mediante la lectura de sensores piroeléctricos, estima la ubicación mediante un GPS y envía esta información en forma de mensaje de texto a cualquier usuario que lo consulte, gracias a la red GSM. Como resultado, se obtuvo que, en vista de la problemática del transporte en la ciudad, sus condiciones geográficas y la operatividad de las redes móviles en la ciudad, el sistema estudiado pudiese implementarse, para lo cual se determinaron sus componentes ideales y las instrucciones requeridas para su funcionamiento.

Descriptores: transporte, comunicación, microcontrolador, GSM, GPS, mensaje de texto

INTRODUCCIÓN

En líneas generales, el termino transporte se refiere a llevar un contenido de un lugar a otro y de esta forma establecer una comunicación, definida como el intercambio de información entre dos o más entidades. El contenido hace referencia a información, personas u objetos y para que se lleve a cabo el transporte de este debe haber un medio que se traslade a través de una infraestructura. En la práctica, el término transporte está vinculado al traslado de personas o cosas a través de una ruta, y según esta, puede clasificarse en terrestre, acuático o aéreo. A su vez, los medios de transporte pueden clasificarse según el número de personas que trasladan (individual o colectivo) y según su propiedad (público o privado).

En atención a lo planteado, se puede definir el sistema de transporte público como un servicio encargado del transporte colectivo de personas por un medio terrestre; dicho servicio comprende de unidades encargadas de prestar este servicio, las cuales están diseñadas para realizar el traslado de personas en una región. En el presente trabajo, al hablar de unidades de transporte público se está refiriendo, a los autobuses convencionales, que son el principal medio de transporte de circulación en la región de estudio, y por tanto, es hacia donde está orientado el diseño de la propuesta a presentar en esta investigación.

En la ciudad de Valencia, el servicio de transporte público es de mucha necesidad para los ciudadanos ya que muchos de estos dependen de este para trasladarse y desarrollar sus actividades diarias. Sin embargo, en esta ciudad las unidades de transporte no son capaces de satisfacer la demanda de pasajeros, lo que trae como consecuencia insatisfacción en los ciudadanos y condiciones de trabajo inadecuadas para los transportistas, Debido a esto, lo que se pretende lograr con el desarrollo de esta propuesta, es contribuir a garantizarle tranquilidad a las personas que requieren trasladarse y diseñar un mecanismo que permita recolectar datos para hacer un estudio de la situación y poder tomar los correctivos pertinentes para se pueda brindar un servicio de calidad.

Esta propuesta se realizó aprovechando las ventajas que ofrecen las comunicaciones inalámbricas a través de las redes de telefonía móvil y las redes de los sistemas GPS para poder hacer posible la comunicación entre la unidad de transporte y un individuo y esto se desarrollará a través de la programación de un microcontrolador que hará posible la interpretación de las condiciones de la unidad de transporte en el momento de la consulta.

La presente investigación está estructurada en cuatro capítulos: el capítulo I lleva por título “El Problema” y consiste en la descripción de la problemática a trabajar, identifica que es lo que sucede, que se puede hacer para solventar la situación, plantea objetivos mediante los cuales se definen las estrategias a cumplir en el desarrollo del proyecto, la justificación del por qué esto puede contribuir a la solución del problema y hasta donde llega la investigación; el capítulo II se titula “Marco Teórico”, este comprende los antecedentes y las bases teóricas que brindan aportes al proyecto; el capítulo III de título “Marco Metodológico” define como se llevó a cabo la investigación y finalmente, el capítulo IV que lleva por nombre “Resultados” dónde se detallan los resultados obtenidos en las fases de investigación que comprende la propuesta.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema

El transporte público urbano se describe como un sistema integral de medios de transporte a través del cual, los ciudadanos pueden desplazarse de un lugar a otro dentro de un municipio o ciudad. Estos medios incluyen autobuses, taxis, trenes, ferrocarriles, entre otras opciones que se han ido implementando para satisfacer la necesidad de los usuarios de transportarse para cumplir con sus actividades planificadas en el transcurso del día, por tal motivo, independientemente de ser proporcionado por organismos públicos o privados, no cabe duda que es un servicio indispensable para la sociedad.

Si bien es cierto que en la actualidad hay una variedad de vehículos disponibles en el mercado y muchos de los habitantes pueden poseer al menos un automóvil para trasladarse, el uso del transporte público continúa siendo un servicio de mucha necesidad y uso en todo el mundo debido a que no todos los ciudadanos tienen los recursos para adquirir un vehículo propio y aquellos que ya poseen uno, en algunas ocasiones pueden preferir el uso de este servicio para conservarlos por mayor tiempo, pues su adquisición y mantenimiento pueden llegar a ser muy costosos.

El servicio de transporte público en cualquier parte del mundo se caracteriza por ser muy económico, siendo los medios más accesibles, aquellos con capacidad de trasladar más pasajeros, como los autobuses y los ferrocarriles; estos a su vez, contribuyen a garantizar un tráfico más fluido y un ambiente menos contaminado. Sin embargo, para que eso sea posible es necesario que las unidades de transporte reciban mantenimiento periódico y que el sistema sea modernizado cada cierto tiempo de manera que se adecuen a las necesidades y exigencias de los ciudadanos.

Sin duda alguna, en la mayoría de las ciudades de América Latina lo más común es encontrar autobuses como medio de transporte urbano. Un avance importante ha sido la implementación de los sistemas de Bus de Transito Rápido (BTR), que poseen la capacidad de transportar mayor cantidad de pasajeros que un bus convencional y tal como plantean Hidalgo y Monterrubio (2015), han marcado una tendencia evolutiva en la región al ser implantado en distintos entornos, y, a su vez, han generado avances en la ingeniería, las instituciones, la sociedad y la estructura urbana. La implementación de este tipo de sistemas se ha realizado en países como Brasil, Ecuador, México y Colombia.

Igualmente, pese a que en Venezuela se ha implementado este tipo de sistema, los autobuses convencionales siguen siendo el principal medio de transporte público en funcionamiento. Por otra parte, debido a los problemas económicos presentes en la actualidad, la calidad del servicio que prestan estos se ha deteriorado; los repuestos y las herramientas son escasos y sus costos se han incrementado considerablemente, lo que dificulta los trabajos de mantenimiento y reparación.

Dentro de este orden de ideas, en la ciudad de Valencia, en el estado Carabobo, el servicio de transporte público no es capaz de satisfacer la demanda de usuarios; en las llamadas horas pico, los ciudadanos pueden esperar en las paradas hasta 45 minutos en promedio en la poder trasladarse y solo aquellos cerca de los terminales de las líneas de transporte logran ocupar los asientos mientras el resto debe hacer el recorrido a pie y hasta colgando en la puerta (Rojas, 2017). Este hacinamiento de pasajeros en las unidades trae como consecuencia que sean susceptibles a deteriorarse con más rapidez debido al sobrepeso que cargan durante los recorridos y, dado que las reparaciones pueden demorarse en vista de la situación antes planteada, pueden permanecer inactivas por tiempo indeterminado disminuyendo la oferta del servicio y dificultando el acceso al transporte por parte de la ciudadanía.

Así mismo, la necesidad de trasladarse y la incertidumbre generada por la escasa oferta de transporte urbano genera problemas entre las personas durante el viaje; a su vez, el hacinamiento provoca que el recorrido sea más lento y abre la

posibilidad de accidentes que, además de poder generar daños graves a las infraestructuras, pueden poner en peligro no solo a aquellos ciudadanos que se encuentren dentro de las unidades sino también a la población que se encuentre en la trayectoria de estas. Debido a esto, resulta necesario buscar maneras de cómo garantizar un servicio de calidad para los ciudadanos, que sea capaz de satisfacer la demanda con unidades en óptimas condiciones de operación y que permita garantizar un empleo estable para los transportistas en la ciudad de Valencia.

1.2. Formulación del Problema

¿De qué manera se puede contribuir a mejorar el sistema de transporte público de forma tal que se garantice que las unidades puedan preservarse en buen estado el mayor tiempo posible y se preste un servicio acorde con la demanda de los ciudadanos de Valencia en el estado Carabobo?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Proponer un Sistema de comunicación que permita a los ciudadanos consultar y recibir una respuesta programada acerca de la disponibilidad y ubicación de una unidad de transporte público en la ciudad de Valencia en el estado Carabobo.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual del sistema de transporte público, así como la operatividad de las redes de comunicación en la ciudad de Valencia en el estado Carabobo.
- Evaluar la factibilidad de implementar un sistema de comunicación con respuesta programada para las unidades de transporte urbano en la ciudad de Valencia en el estado Carabobo.
- Determinar los requerimientos necesarios y limitaciones existentes para el desarrollo de un sistema de comunicación con respuesta programada para una unidad de transporte público.

- Diseñar un sistema de comunicación con respuesta programada según disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público.

1.4. Justificación

Evidentemente, la comunicación es indispensable para el desarrollo de toda tarea propuesta y buscar satisfacer los problemas de la colectividad; la implementación de sistemas de comunicación y la presentación de nuevos medios y formas de hacer posible el intercambio de información han hecho que sea posible satisfacer las necesidades de la población con mayor simplicidad. Un ejemplo de esto han sido los continuos avances desarrollados en las telecomunicaciones, entre los que destaca el servicio de telefonía móvil, el cual se ha vuelto imprescindible para muchos ciudadanos.

La propuesta de un sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica de unidades de transporte público combina aspectos desarrollados en el área de telecomunicaciones y electrónica con la programación informática; este busca hacer posible que un usuario al requerirlo pueda recibir una respuesta programada acerca de la localización y disponibilidad de un medio de transporte urbano de acuerdo a la información suministrada por sensores y un sistema de posicionamiento global (GPS) mediante de la programación de un microcontrolador.

Visto desde esta perspectiva, lo que se persigue al transmitir respuestas programadas sobre la disponibilidad y ubicación geográfica de una unidad de transporte es que los usuarios tengan la posibilidad de conocer si dicha unidad está brindando servicio, dónde se encuentra y cuántos pasajeros está movilizando en ese momento para así poder que tener un panorama del servicio que está ofreciendo y así, puedan tomar las consideraciones necesarias para el cumplimiento satisfactorio de su agenda o actividades planificadas

Con este sistema se puede contribuir a que las unidades de transporte puedan prestar un servicio de mejor calidad, pues se tendría una mejor organización con respecto al flujo de pasajeros, y a la vez, se busca garantizar que puedan conservarse

en buen estado, pues se evitaría el deterioro que ocurre por el sobrepeso producto del hacinamiento, los recorridos tendrían menos retrasos y se reduciría el riesgo de accidentes que pudiesen afectar a personas e infraestructuras. Así mismo, este sistema serviría para recoger datos sobre la demanda del servicio de transporte público y su comportamiento según la ubicación para así, poder hacer estudios y tomar decisiones que se consideren pertinentes para mantener un servicio óptimo.

1.5. Alcance

Se busca realizar una propuesta de un sistema de comunicación con respuesta programada según la disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público tomando la ciudad de Valencia, en el estado Carabobo como región de estudio; a través de un diseño desarrollado mediante simulaciones se pretende demostrar el funcionamiento del sistema, determinar los parámetros y condiciones ideales para que pueda operar según lo esperado y plantear las observaciones sobre limitaciones y requerimientos para tomar en consideración al momento de estudiar la viabilidad de su implementación y describir los aportes que brindaría en la región.

A través del sistema propuesto, se persigue la transmisión de datos mediante un mensaje de texto gracias a la programación de un microcontrolador y aprovechando los aportes tecnológicos de las redes GSM y GPS para que con los datos sobre la ubicación y disponibilidad, esta última relacionadas a la carga de pasajeros, los usuarios puedan determinar si la unidad de transporte consultada se adapta a sus necesidades.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El marco teórico se define como “el resultado de la selección de aquellos aspectos más relacionados del cuerpo teórico epistemológico que se asume, referidos al tema específico elegido para su estudio” (Balestrini, 2006, p.91).

2.1. Antecedentes

Sin duda alguna, el diseño de sistemas mediante la programación de un microcontrolador con el uso de las tecnologías GSM y GPS se ha convertido en una práctica recurrente debido a la diversidad de propósitos para lo que son desarrollados sumado a la gran cantidad de componentes y equipos disponibles en el mercado, tal como se puede apreciar en los trabajos a mencionar a continuación.

Saravanakumar y otros (2016) elaboraron un informe científico para el International Journal on Applications in Engineering and Technology titulado “**Design of Modern GSM for Emergency Alerts Using Proteus**”, en el cual propusieron un sistema diseñado en Proteus que permitiría a las personas transmitir notificaciones a través de un microcontrolador Arduino UNO ATMEGA328P con tecnología GSM para mejorar los sistemas de seguridad y así, evitar riesgos mayores. El aprovechamiento de las comunicaciones inalámbricas y las ventajas ofrecidas por el Arduino permitieron obtener un sistema de diseño compacto y móvil que puede ser modificado y actualizado según su propósito de elaboración.

De igual forma, Lee, Tewolde y Kwon (2014) participaron en el Foro Mundial del Internet de las Cosas (WF-IoT) con un informe científico titulado “**Design and Implementation of Vehicle Tracking System Using GPS/GSM/GPRS Technology and Smartphone Application**” en el que diseñaron e implementaron un sistema de rastreo de vehículos con un microcontrolador Arduino UNO R3 basado en ATMEGA328 que consistía en obtener la ubicación de un vehículo mediante una

aplicación diseñada para teléfonos inteligentes usando las tecnologías GPS y GSM/GPRS logrando demostrar su funcionamiento de manera efectiva y resaltando el uso de componentes accesibles y de bajo costo para su implementación.

Ambos informes científicos son de utilidad para la investigación porque los sistemas presentados fueron diseñados con componentes accesibles y parámetros de fácil comprensión. Además, los propósitos de diseño de ambos sistemas guardan relación con el problema planteado, lo que permite que sirvan como guía para desarrollar el diseño del sistema a proponer en este proyecto.

Por su parte, Bedoya, Salazar y Muñoz (2013) presentaron un trabajo de grado en la Universidad Tecnológica de Pereira en Colombia para optar al título de Ingeniero en Mecatrónica, que llevo por título **“Implementación, Control y Monitoreo de un Sistema de Seguridad Vehicular por Redes GSM/GPRS”**, un proyecto que obedeció a una investigación exploratoria y que consistió en un prototipo que permitía obtener información sobre el estado de un vehículo por medio de un teléfono celular que soporte la tecnología GSM a través de un mensaje de texto y de esta forma tener mayor control sobre los vehículos a mayores distancias; requirió del uso de una tarjeta Arduino UNO y un módulo de comunicación GSM para poder usar los protocolos de esta tecnología y así obtener los resultados esperados.

Este trabajo, al tratarse de un proyecto similar a los mencionados anteriormente, guarda igual relación con el problema planteado en la presente investigación. Sin embargo, al tratarse de un trabajo de grado y estar presentado en el idioma castellano, ofrece información de interés como las bases teóricas y la metodología empleada y, sirve de soporte para una mejor comprensión de los proyectos anteriormente descritos, que fueron presentados en inglés.

Al mismo tiempo, Jiménez, J. (2013) realizó un trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero de Electrónica y Telecomunicaciones en la Universidad Tecnológica Israel en Quito, Ecuador de título: **“Estudio, Diseño e Implementación de un Sistema Automático para Control de Pasajeros y Apertura de Puertas en un Bus Tipo”** que tuvo por objetivo principal diseñar y

construir un prototipo de fácil manejo para tener control en el Bus sobre el número de pasajeros y la apertura de las puertas en las paradas autorizadas. Este proyecto se diferencia de los anteriores porque en lugar de un microcontrolador se optó por el uso de un controlador lógico programable (PLC). Sin embargo, la justificación de la escogencia de los componentes así como los algoritmos empleados en la programación son de importante consideración para la presente investigación.

Seguidamente, Marques, A. (2008) presentó en la Universidad Simón Bolívar, en Sartenejas, un proyecto de grado titulado **“Diseño de un Sistema de Seguridad y Monitoreo de Vehículos”** para optar al título de ingeniero electrónico, el cual consistió en el diseño de un equipo de bajo costo para tener control a distancia de los vehículos en caso de robo mediante el uso de la telefonía móvil, un sistema GPS y la programación de un microcontrolador PIC de la familia 24F. Los resultados obtenidos respecto a su funcionamiento fueron satisfactorios y recomendó realizar algunas mejoras como el diseño de un sistema de respaldo de corriente y agregar un dispositivo de almacenamiento masivo de datos para finalmente destacar un gran potencial del equipo desarrollado.

Por último, Molina, Niño y Vargas (2005) desarrollaron un proyecto titulado **“Diseño de un Sistema automático para el control y acceso de personas a un autobús intermunicipal de transporte en Colombia”** para optar al título de Ingeniero electrónico en la Universidad de San Buenaventura, en Bogotá, que buscaba tener un mejor control sobre las tarifas y pasajes de los autobuses de la región, el sistema se comprendía de sensores infrarrojo, un sistema GPS para determinar la ubicación y la programación de un microcontrolador PIC 16F877A. Los autores concluyeron que los resultados obtenidos de la implementación fueron favorables al igual que la aceptación del proyecto por parte de los usuarios.

Con respecto a estos dos últimos trabajos mencionados, si bien se pudieran descartar por considerarse muy antiguos, resulta conveniente tomarlos en cuenta debido a que ambos proyectos trabajan con las tecnologías GSM y GPS, ambas

involucradas en esta investigación. Además, ambos diseños tienen elementos de utilidad para la investigación y guardan estrecha relación con el problema planteado.

En resumen, todos los trabajos anteriormente planteados guardan relación la investigación en desarrollo ya que todos los sistemas diseñados abordan parte del objetivo general planteado. Igualmente, en su mayoría, aprovechan las tecnologías GSM y GPS, las cuales son objeto de estudio en este proyecto y, todos los sistemas están basados en la configuración de un hardware programable (microcontrolador PIC, Arduino UNO o PLC), destacando que en las investigaciones más recientes se ha preferido hacer el diseño con un Arduino en lugar de los PIC empleados en los proyectos más antiguos.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. El Transporte Público

2.2.1.1. Sistema de Transporte Terrestre

El transporte es una actividad que consiste en el desplazamiento de contenido (objetos o personas) desde un punto de origen al destino a través de un medio que utiliza una determinada infraestructura. El transporte terrestre se refiere a aquel cuyas redes o infraestructura se extienden por la superficie de la tierra. Según lo señalado en 2005 por J. Garber (citado por Romero y Tagliaferro, 2008) “El sistema de transporte de cualquier país está formado por un conjunto de vehículos, líneas de guía, instalaciones terminales, y sistemas de control que mueven carga y pasajeros.” (p.9).

Desde la perspectiva más general, Venezuela cuenta con vías de transporte sumadas a una red de carreteras, usadas por líneas de autobuses y vehículos (particulares o de carga), que conectan a todo el territorio y es así como las empresas públicas y privadas se encargan de brindar el servicio de transporte público a toda la ciudadanía, siendo los autobuses el medio de transporte más común en la nación.

2.2.1.2. Demanda del Transporte Público

De acuerdo con el Manual de Planificación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte (citado por Romero y Tagliaferro, 2008) “es un estudio de utilización del servicio de transporte público, que permite determinar la carga de

pasajeros y de buses en un punto determinado de la red dentro de un período de tiempo definido” (p.53).

Así mismo, Romero y Tagliaferro (2008) señalan que “La frecuencia de servicio es tan importante como el nivel de ocupación; mientras que el primer parámetro da el número de vehículos, el segundo da el número de personas, es decir, que se cuantifica tanto la oferta como la demanda de transporte” (p.53). Ahora bien, el nivel de ocupación se puede clasificar de manera que se pueda estimar el número promedio de pasajeros por unidad de transporte público, expuesto en la tabla 1 e ilustrado en la figura 1.

Tabla 1: Clasificación del nivel de ocupación de una unidad de transporte público

Clasificación	Condición	Descripción
A	Semivacío	Cuando los asientos delanteros están ocupados y los de atrás están vacíos
B	Ocupación Total	Todos los asientos están ocupados y hay pocas personas de pie en el pasillo.
C	Algunos pasajeros de pie	Todos los asientos están ocupados y hay pasajeros de pie en el pasillo, pero sin estar totalmente ocupado.
D	Lleno	Tanto los asientos como el pasillo están totalmente ocupados.
E	Saturado	Autobús con exceso de pasajeros

Fuente: el autor.

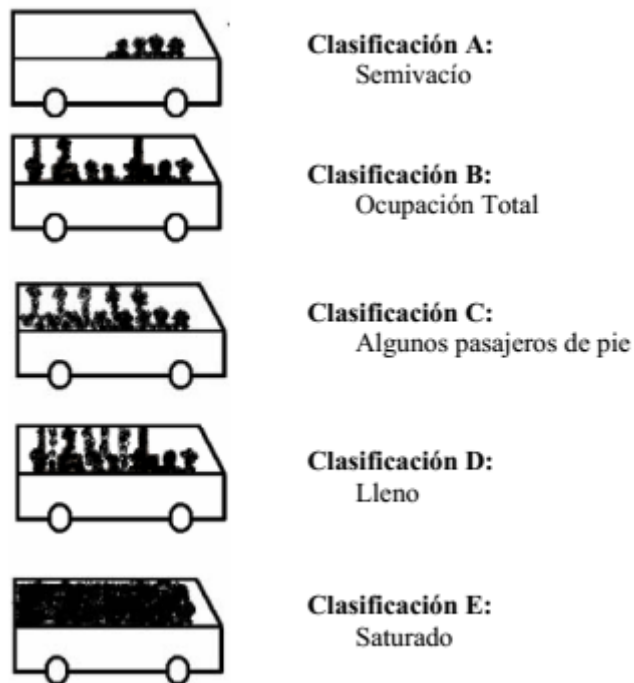


Figura 1. Clasificación del nivel de ocupación de una unidad de transporte público

Fuente: Romero y Tagliaferro

En atención a lo planteado, a partir de estos aspectos teóricos es posible realizar un diagnóstico del estado del sistema de transporte público y describir la disponibilidad de una unidad de transporte según el número de pasajeros y de esta forma definir los parámetros de interés para la programación del sistema de comunicación propuesto en este proyecto.

2.2.2. Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM)

El Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (*Global System for Mobile Communications*, GSM) es un sistema de telefonía celular de segunda generación totalmente digital. Esta tecnología ha extendido su servicio ofreciendo cobertura a territorios que no cuentan con ningún tipo de telefonía o manera de comunicarse (Bedoya, Salazar y Muñoz, 2013). Su gran disponibilidad hace sencillo el *roaming*

internacional entre operadoras, permitiendo a sus consumidores emplear sus teléfonos en muchas partes del mundo teniendo el mismo número telefónico (Marques, 2008).

La red GSM opera en cuatro bandas del espectro: 850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz y 1900 MHz, siendo el límite máximo de potencia desde el teléfono de 2 W para las dos primeras frecuencias y 1 W para las restantes (Marques, 2008). En la actualidad, la mayoría de los equipos son diseñados para operar en más de una banda. Por otra parte, para que estos equipos puedan funcionar, requieren de una tarjeta SIM (Modulo de Identificación del Suscriptor), que no es más que una tarjeta inteligente desmontable que almacena el número telefónico y las claves de acceso del usuario a la red de una determinada operadora.

Cabe destacar que numerosas extensiones han sido añadidas al sistema, ofreciendo intercambio de datos a alta velocidad para obtener conexiones inalámbricas a Internet. Estas modificaciones son conocidas como GPRS y EDGE, y son extensiones al estándar original (Marques, 2008). De hecho, la tecnología GSM se encuentra en constante evolución y es el punto de partida para el desarrollo de sistemas inalámbricos y satelitales de tercera y cuarta generación que ofrecen más y mejores servicios, entre los que destacan mayor velocidad de transmisión y servicios de datos multimedia.

También, es importante resaltar que en Venezuela hay tres operadoras de telefonía celular y las tres están operando bajo los estándares de segunda y tercera generación (2G y 3G); por una parte Movistar y Movilnet trabajan en los 850 MHz para 2G y 1900 MHz para 3G mientras que Digitel opera en los 900 MHz para 2G y 3G. Igualmente, Digitel está prestando servicios de cuarta generación (4G) en los 1800 MHz mientras que Movistar y Movilnet están desarrollando sus servicios para trabajar en la banda de los 1700/2100 MHz.

Evidentemente, lo anteriormente descrito es de importante aporte para la investigación porque define los aspectos básicos a tomar en cuenta al trabajar con equipos que funcionen con las tecnologías GSM y así poder escoger aquellos que se adecuen a los parámetros disponibles.

2.2.3. Comandos AT

Los comandos AT, también conocidos como comandos Hayes (en honor a su desarrollador Dennis Hayes), son una serie de instrucciones que conforman un interfaz de comunicación entre usuario y modem. Estas instrucciones fueron introducidas con el objeto de que el modem pueda ser capaz de reconocerlas y obedecerlas y actualmente se ven siendo incorporadas por la gran mayoría de los fabricantes, por lo que se ha establecido como un estándar de facto. Su abreviatura AT por la que son mundialmente conocidos estos comandos proviene de la palabra *attention*.

De esta manera, “aunque la finalidad principal de los comandos AT fue la comunicación con módems, la telefonía móvil GSM/GPRS también adoptó este lenguaje como estándar de comunicación” (Castro, 2013, p.17). Actualmente, se puede decir que todos los terminales móviles GSM poseen una serie específica de comandos AT que permiten su configurarlos por medio de estas instrucciones e indicarles una serie de funciones que deseen ejecutar ya sea hacer una llamada, enviar o leer un SMS, consultar el estado de conexión a la red, leer o escribir en la agenda de contactos.

La lista de comandos AT existentes es extensa y en el caso de terminales GSM existen diversidad de comandos para ejecutar instrucciones relacionada a llamadas, mensajería de texto, conexión a Internet y GPS; los manuales proporcionados por los fabricantes suelen mostrar una lista de aquellos compatibles junto con sus parámetros de configuración y el uso estos comandos para transmitir instrucciones a módulos GSM a través de microcontroladores suele ser habitual ya que estos no dependen de ningún canal de comunicación. En las tablas que se muestran a continuación, se resume una lista de los comandos AT de interés para esta investigación: la tabla 2 describe los comandos necesarios para configurar un modem GSM, la tabla 3 describe los comandos empleados para instrucciones relacionadas con SMS.

Tabla 2: Lista de comandos AT para configurar un módulo GSM

Comando	Descripción
AT	Comprueba el estado del módulo. De estar todo correcto, responderá con OK.
AT+CPIN?	Comprueba que la tarjeta SIM está desbloqueada o si requiere introducir el código PIN para su desbloqueo. Cuando la SIM esté operativa responderá con un “ready”.
AT+CPIN=”XXXX”	Introduce, en caso de ser necesario, el código PIN de la SIM. Cambiar XXXX por los cuatro dígitos del PIN, siempre delimitado entre comillas.
AT+CREG?	Consulta el estado de conexión a la red. La respuesta recibida seguirá la siguiente notación: +CREG: <n>,<stat>, donde: <stat> = 0, No registrado, no está buscando una conexión de red, <stat> = 1, Registrado a la red nacional, <stat> = 2, No registrado, pero buscando la red, <stat> = 3, Registro denegado <stat> = 5, Registro tipo roaming
AT+COPS?	Indica la compañía en la que está registrada la tarjeta SIM

Fuente: el autor

Tabla 3: Lista de comandos AT para instrucciones de SMS

Comando	Descripción
AT+CMGF= <f>	Selecciona el formato del mensaje SMS, donde: <f> = 0, modo PDU y <f> = 1, modo texto,
AT+CSCS= "IRA"	Selecciona el set de caracteres utilizado para el envío de SMS. En este caso, configurado en el modo "IRA" (<i>International Reference Alphabet</i>).
AT+CMGS= "número"	Marca el número del terminal móvil al que se quiere enviar el SMS, este delimitado entre comillas.
AT+CMGR= <r>	Lee mensajes en almacenados en la memoria de la tarjeta SIM. En el lugar de <r> se coloca el número correspondiente a la posición del mensaje que se desea leer, siendo "1" el más reciente.
AT+CPMS= "SM"	Selecciona el directorio del que se va a leer un mensaje de texto. En este caso, con las siglas "SM" se está seleccionando como directorio a la memoria de la tarjeta SIM.
AT+CMGD= <n>	Elimina los SMS de la memoria de la tarjeta SIM. En el lugar de n, se coloca la posición en la memoria que ocupe el SMS que se desea borrar.
AT+CMGL= "ALL"	Muestra una lista de todos los SMS, tanto leídos como no leídos, que están almacenados en la tarjeta SIM.
+CMTI: "SM", <pos>	Esta instrucción se recibe automáticamente cuando se reciba un SMS donde <pos> es el número correspondiente a la posición de la memoria donde está almacenado el mensaje.
AT+CNMI= 2,2,0,0,0	Muestra los SMS recibidos por el puerto serie.

Fuente: el autor

Lo antes expuesto es de importancia para la investigación ya que el conocimiento de estas instrucciones es necesario para la configuración de cualquier módulo GSM que se deseen utilizar en cualquier proyecto utilizando microcontroladores, como lo es este sistema propuesto para unidades de transporte público.

2.2.4. Arduino

Arduino consiste “una plataforma de código abierto basado en prototipos de electrónica flexible y fácil de usar para distintos hardware y software basado en entradas y salidas” (Bedoya, Salazar y Muñoz, 2013, p.45). Del mismo modo, Torente Artero (2013) expresa que Arduino se refiere la combinación de tres cosas, una placa hardware libre, un software gratis, libre y multiplataforma y, un lenguaje de programación libre. En su hardware incorpora un microcontrolador reprogramable y una serie de pines macho/hembra (conectados a los puertos de entrada/salida del microcontrolador) que permiten una conexión más sencilla y cómoda diferentes sensores y actuadores. El software, que debe ser instalado en un ordenador, permite escribir, verificar y guardar en la memoria de microcontrolador el conjunto de instrucciones que se desean ejecutar expresadas en un lenguaje de programación basado internamente en el código C/C++.

Los proyectos diseñados con Arduino pueden ser autónomos o no. Cuando son autónomos, una vez programado el microcontrolador, la placa no necesita estar conectada a ningún computador y puede funcionar de forma independiente si se dispone de alguna fuente de alimentación. En caso contrario, la placa debe estar conectada de alguna forma permanente al computador que ejecute algún software específico que permita la comunicación e intercambio de datos entre ambos dispositivos.

Dentro de este orden de ideas, existen multitud de placas Arduino, y la mayoría de ellas están disponibles en distintas versiones, adaptables prácticamente a cualquier tipo de requisitos o necesidades para llevar a cabo un determinado proyecto. Igualmente, por ser una plataforma libre y extensible, se pueden encontrar una gran

cantidad de componentes y extensiones programables que hacen más sencillo poder realizar proyectos de rango muy variado que incluyen: robótica, domótica, monitoreo de sensores, sistemas de navegación, telemática, otros. En consecuencia, las posibilidades de desarrollar productos mediante esta plataforma son infinitas.

Lo expuesto anteriormente, agregado al costo accesible que tienen las placas, sea en el caso de las placas oficiales o aquellas idénticas existentes en el mercado elaboradas por otros fabricantes como consecuencia de ser una plataforma de código abierto, que suelen encontrarse a precios aún más económico y el constante desarrollo de extensiones, justifica la tendencia observada en los antecedentes con respecto a su selección y permite plantear el uso de esta plataforma para el desarrollo de esta propuesta.

2.2.5. Sensores

Un sensor es un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. En la actualidad, los sensores son diseñados para entregar señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales. Pueden clasificarse de muchas formas distintas, pero las más común es por el tipo de variable a medir.

Según la variable física a medir los sensores se pueden clasificar de la siguiente manera:

- De posición, velocidad
- De nivel y proximidad
- De humedad y temperatura
- De flujo y presión
- De color, luz y visión
- De gas y pH
- Biométricos
- De corriente

No obstante, todos ellos, independientemente del tipo al que pertenecen, siempre tienen características particulares que los distinguen entre sí.

Lo anteriormente expuesto es esencial para la investigación debido a que a través de esta información se puede identificar el tipo de sensor adecuado para el conteo de pasajeros, siendo el planteamiento de este procedimiento de mucha importancia para determinar la disponibilidad de puestos en una unidad de transporte público.

2.2.6. Sistema de Posicionamiento Global (GPS)

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un sistema de radionavegación de los Estados Unidos de América, basado en el espacio, que proporciona servicios fiables de posicionamiento, navegación, y cronometría gratuita e ininterrumpidamente a usuarios civiles en todo el mundo. A todo el que cuente con un receptor del GPS, el sistema le proporcionará su localización y la hora exacta en cualesquiera condiciones atmosféricas, de día o de noche, en cualquier lugar del mundo y sin límite al número de usuarios simultáneos.

El GPS se compone de tres elementos: los satélites en órbita alrededor de la Tierra, las estaciones terrestres de seguimiento y control, y los receptores del GPS propiedad de los usuarios. Desde el espacio, los satélites del GPS transmiten señales que reciben e identifican los receptores del GPS; ellos, a su vez, proporcionan por separado sus coordenadas tridimensionales de latitud, longitud y altitud, así como la hora local precisa.

Hoy están al alcance de todos en el mercado los pequeños receptores de GPS portátiles. Con esos receptores, el usuario puede determinar con exactitud su ubicación y desplazarse fácilmente al lugar a donde desea trasladarse, ya sea andando, conduciendo, volando o navegando. El GPS es indispensable en todos los sistemas de transporte del mundo ya que sirve de apoyo a la navegación aérea, terrestre y marítima.

Evidentemente, se trata de un punto fundamental para la investigación, las ventajas que ofrecen el uso de receptores de GPS, permite que se tomen en consideración para el diseño del Sistema de Comunicación para Disponibilidad y Ubicación Geográfica de Unidades de Transporte Público, ya que ofrece una forma

sencilla de suministrar la ubicación de una determinada unidad, siendo este uno de los dos aspectos fundamentales trabajados en esta propuesta.

2.3. Definición de Términos Básicos

Microcontrolador: es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. (Torente Artero, 2013)

Sistema de Comunicación: consiste en un conjunto de dispositivos interconectados con el objetivo de intercambiar información entre dos entidades. (Stallings, 2004)

SMS: es un protocolo que permite el intercambio de pequeños fragmentos de texto entre dispositivos celulares. Sus siglas significan Servicio de Mensaje Corto (en inglés, *Short Message Service*). (Marques, 2008)

Telefonía Móvil: es un sistema capaz de proporcionar comunicaciones entre dos unidades móviles o entre una unidad móvil y una unidad fija. (Forouzan, 2007)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo se refiere a la metodología a trabajar en el proyecto, comprende el tipo o los tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos para llevar a cabo la indagación. (Arias, 2006). En otras palabras, en este capítulo se describe como es

3.1. Tipo de Investigación

Para Balestrini (2006), definir el tipo de investigación es un requisito importante para todo proyecto de investigación debido a que a partir de la definición del tipo de estudio, se puede esquematizar la investigación de manera que se adecue de acuerdo a los objetivos propuestos para de esta forma cumplir con la finalidad del estudio.

Dado que la investigación se trata de una propuesta para contribuir a la solución de un problema, en este caso, un sistema de comunicación diseñado en vista del deterioro del servicio del transporte público que afecta a los ciudadanos de Valencia, este caracterizará por ser un proyecto factible. Este, según las normas de la Universidad José Antonio Páez (UJAP) se define como “la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, necesidades o requerimientos de organizaciones o grupos sociales” (Mijares y García, 2007, p.5).

3.2. Diseño de la Investigación

Al respecto, Arias (2006) define el diseño de investigación como la estrategia adoptada para responder al problema planteado, esta estrategia está definida de a partir del origen de los datos y por la manipulación o no de las condiciones en las cuales se realiza el estudio. Según el diseño, la investigación se clasifica en: documental, de campo y experimental.

En atención a lo planteado y teniendo en cuenta que la investigación es un proyecto factible, se debe tener apoyo en un diseño documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades (Mijares y García, 2007). Un diseño documental se refiere a la obtención de datos a partir de otros investigadores en fuentes impresas, electrónicas o audiovisuales con el propósito de realizar nuevos aportes y un diseño de campo consiste en la recolección de datos desde donde ocurren los hechos (Arias, 2006). Por consiguiente, la investigación siguió un diseño de campo y documental porque la propuesta estudia el problema directamente desde el área donde está dirigida y el diseño del sistema de comunicación se desarrolló tomando como referencia investigaciones previas de otros autores.

3.3. Nivel de la Investigación

Al respecto, “el nivel de investigación se refiere al grado de profundidad con que se aborda un fenómeno u objeto de estudio” (Arias, 2006, p.23). Según el nivel, la investigación se clasifica en: exploratoria, descriptiva o explicativa.

En esta perspectiva, la presente investigación tiene un nivel descriptivo ya que se describe un sistema de comunicación para una unidad de transporte, cómo debe comportarse y la influencia de esto en la situación del sistema de transporte público. La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento y en cuanto a la profundidad de conocimientos, sus resultados se ubican en un nivel intermedio (Arias, 2006).

De esta forma, lo anteriormente expuesto describe el nivel de la investigación sobre la propuesta de un sistema de comunicación de respuesta programada según la disponibilidad y ubicación geográfica para unidades de transporte público en la ciudad de Valencia, abordando, la situación del servicio y las tecnologías disponibles.

3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas de recolección de datos se refieren a las distintas formas de obtener la información y los instrumentos son los medios materiales empleados para ello. En atención a lo planeado y dado que el proyecto factible comprende una investigación

de campo y una documental, para esta investigación se aplicaron la observación y las técnicas documentales como técnicas de recolección de datos para el desarrollo de la propuesta..

Dentro de este orden de ideas, Díaz (2011) señala que la observación tiene diversas modalidades: directa, indirecta, participante, no participante, estructurada, no estructurada, de campo, de laboratorio, individual y de equipo. Basándose en las definiciones de cada una de estas modalidades, la observación siguió las modalidades directa, no participante, estructurada o sistemática, de campo e individual debido a que el autor fue el único que realizó la observación poniéndose en contacto con la problemática desde el lugar donde esta ocurre sin intervenir en ella y recolectando datos con la ayuda de instrumentos técnicos, siendo empleados la lista de cotejo y la escala de estimación como instrumentos de recolección de datos para el diseño de campo de presente investigación.

Ahora bien, con respecto a las técnicas documentales, Balestrini (2006) afirma: “Para el análisis profundo de las fuentes documentales, se utilizarán las técnicas de: observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico. A partir de la observación documental, como punto de partida en el análisis de las fuentes documentales, mediante una lectura general de los textos, se iniciará la búsqueda y observación de los hechos presentes en los materiales escritos consultados que son de interés para esta investigación” (p.152). La aplicación de técnicas documentales comprendió del uso de computadoras y sus unidades de almacenamiento, a través de las cuales fue posible la recolección de información de interés para la investigación mediante la navegación por Internet.

Por otra parte, al comprender la propuesta sobre un sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público en Valencia, estado Carabobo de un diseño de su estructura y funcionamiento, otras de las técnicas trabajadas para la recolección de datos fueron la simulación y la creación de modelos mediante el uso de un software.

Al respecto, “La simulación es un procedimiento que consiste en emular ciertos hechos, procesos o situaciones, tomando en cuenta sus aspectos fundamentales, con el fin de obtener información acerca de tales eventos. La simulación es una técnica que puede ser aplicada con diferentes objetivos, Se puede utilizar en investigaciones predictivas, para anticipar posibles escenarios, al introducir y variar las magnitudes y manifestaciones de los predictores incluidos en el modelo teórico. Así, la simulación permite visualizar lo que podría ocurrir en cada circunstancia. También se puede utilizar en investigaciones descriptivas para apreciar mejor las características de un objeto o de una situación” (Hurtado, 2010, p.933).

Por último, “la creación de modelos puede verse de diferentes maneras: como el resultado de una investigación, como una condición necesaria para avanzar a otras etapas de la investigación, o como un recurso para la recolección de datos (como resultado, como estadio o como fase de una investigación)” (Hurtado, 2010, p.943). Para esta investigación, esta técnica fue esencial al momento de realizar el diseño del sistema propuesto y el funcionamiento de este último se sustentó mediante las simulaciones, las cuales fueron realizadas con el propósito de verificar y estudiar el funcionamiento del sistema propuesto para contribuir a la mejora del servicio de transporte público en la ciudad de Valencia, estado Carabobo.

3.5. Fases Metodológicas

3.5.1. Fase I: Diagnosticar la situación actual del sistema de transporte público, así como la operatividad de las redes de comunicación en la ciudad de Valencia en el estado Carabobo

En esta fase se realizó la verificación de la problemática planteada sobre el servicio de transporte público en la región y el estudio sobre la operatividad de las redes móviles. Inicialmente se trabajó siguiendo el diseño de campo a través de la técnica de la observación apoyado con el uso de una lista de cotejo y una escala de estimación como instrumentos de recolección de datos para luego apoyarse de las técnicas documentales, donde destaca el análisis de artículos periodísticos sobre la problemática y el estudio de la operatividad de las redes de telefonía móvil en la

ciudad de Valencia mediante la recolección de los datos suministrados por OpenSignal.

3.5.2. Fase II: Evaluar la factibilidad de implementar un sistema de comunicación con respuesta programada para las unidades de transporte urbano en la ciudad de Valencia en el estado Carabobo

Luego de obtener en la fase anterior la información sobre la situación del servicio de transporte público, se procedió a analizar los datos obtenidos y realizar un estudio inicial sobre la posibilidad de implementar el sistema planteado en las unidades de transporte público. Así mismo, se realizó un análisis documental sobre sistemas parecidos implementados en otras regiones y se determinaron las ventajas de realizar dicho diseño y una región idónea donde se recomendaría hacer pruebas iniciales sobre su funcionamiento.

3.5.3. Fase III: Determinar los requerimientos necesarios y limitaciones existentes para el desarrollo de un sistema de comunicación con respuesta programada para una unidad de transporte público

Seguido a la evaluación de si es factible la implementación de un sistema como el planteado en la región, en la presente fase correspondió determinar cuáles serían los componentes, instrumentos o equipos necesarios para el diseño del mismo, describiendo las características técnicas de aquellos que se consideraron los más convenientes para el diseño, ya sea por su disponibilidad, precio o facilidad de configuración, cuáles serían los más recomendables para el diseño final y los aspectos limitantes de cada uno de estos a ser tomados en cuenta al diseñar el sistema de comunicación con respuesta programada según disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público.

3.5.4. Fase IV: Diseñar un sistema de comunicación con respuesta programada según disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público

Finalmente, en esta fase se realizó el diseño de un sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público mediante

las herramientas de software disponibles, se describió el esquema de funcionamiento del mismo y en los casos donde fue posible, se realizó el estudio del funcionamiento de los componentes que lo conforman mediante simulaciones. De esta manera, se determinó si el diseño realizado puede funcionar de manera operativa, que se requeriría para esto y que modificaciones se pudiesen realizar, de forma tal que los resultados obtenidos sean de utilidad en el caso de que en futuro se considere su implementación, no sólo en la región de estudio sino en cualquier otra localidad.

3.6. Técnicas de Análisis de Datos

Según plantea Arias (2006), “las técnicas de análisis de datos comprenden aquellas técnicas lógicas (inducción, deducción, análisis-síntesis), o estadísticas (descriptivas o inferenciales) empleadas para descifrar lo que revelan los datos recolectados” (p.111). La inducción consiste en un razonamiento que parte de lo específico a lo general y la deducción parte de lo general a lo específico, el análisis es la descomposición de un todo en partes para su estudio y la síntesis implica la recomposición de los elementos del estudio. Por otra parte, las estadísticas descriptivas permiten caracterizar y condensar los datos obtenidos y, las inferenciales determinan la posibilidad de generalizar los datos obtenidos en la muestra a la población.

En atención a lo planteado, la presente investigación aplicó para el análisis de datos únicamente las técnicas lógicas, de manera que la inducción, deducción, análisis y síntesis estuvieron presente a lo largo del estudio de cada una de las fases del presente proyecto sobre la propuesta de un sistema de comunicación con respuesta programada orientado unidades de transporte público en la ciudad de Valencia, en el estado Carabobo

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Diagnóstico de la situación actual del sistema de transporte público y la operatividad de las redes móviles en Valencia

4.1.1. Situación del sistema de transporte público

Para esta etapa se realizó un estudio de la situación del sistema de transporte público en la ciudad de Valencia aplicando como técnica la observación y empleando como instrumento de recolección de datos la lista de cotejo para comprobar la problemática inicialmente planteada en la región, dónde se pudo comprobar prácticamente todo lo planteado inicialmente con la excepción de que no se observó ningún accidente o daño material o humano ocasionado en donde estén involucradas las unidades de transporte público. Por lo que, al menos en el momento de esta investigación no se observó que la problemática del sistema de transporte urbano en la región haya generado alguna consecuencia más grave que lo ya planteado. La tabla 4 muestra la lista de cotejo con los aspectos a observar y los resultados obtenidos de esta observación.

Posteriormente, se realizó una escala de estimación, en la cual se realizó una descripción más detallada de los aspectos que se querían observar y se midió la frecuencia con la que dichos aspectos tuvieron presencia en la investigación. La escala de estimación con la que se trabajó se muestra en la tabla 5 y a partir del análisis de esta se puede deducir que en efecto, si bien se observó que se ha implementado los sistemas de BTR en la ciudad de Valencia a través de TransCarabobo, estas unidades no son suficientes y por lo tanto, es muy poco lo que contribuyen para satisfacer la demanda del servicio de transporte en la región.

Tabla 4. Lista de Cotejo de los aspectos que influyen en el Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo

Lista de Cotejo de los aspectos que influyen en el Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo	
Aspectos a observar	
Implementación del Sistema de Bus de Transito Rápido (BTR)	&
Personas que esperan por largo tiempo en las paradas	&
Insuficiencia de unidades de transporte público convencionales	&
Unidades de transporte público circulando con sobrecarga de pasajeros	&
Unidades circulando con muestras de deterioros	&
Discusiones entre pasajeros y transportistas a causa del hacinamiento en las unidades de transporte público	&
Discusiones entre los pasajeros a causa del hacinamiento en las unidades de transporte público	&
Retardos en el recorrido	&
Accidente de tránsito donde esté involucrada una unidad de transporte público	

Tabla 5. Escala de estimación de los aspectos que influyen Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo

Escala de estimación de los aspectos que influyen Sistema de Transporte Público en Valencia, Edo. Carabobo				
Aspectos a observar	Frecuencia			
	Nunca	A veces	Con frecuencia	Siempre
Hay suficientes unidades de BTR en circulación				
Las unidades de BTR contribuyen para satisfacer la demanda del servicio de transporte público				
Los usuarios permanecen largos periodos de tiempo en las paradas (30 minutos hasta más de 1 hora)				
Sólo unos pocos usuarios logran abordar las unidades de transporte público mientras que el resto debe continuar esperando en las paradas				
Hay suficientes unidades de transporte público convencionales en circulación				
Las unidades convencionales están capacitadas para satisfacer demanda del servicio de transporte público				
Las unidades convencionales circulan con sobrecarga de pasajeros				
Los prestadores del servicio de transporte permiten el hacinamiento de pasajeros				
Las unidades en circulación muestran algún signo de deterioro				
Se generan discusiones entre los pasajeros durante el recorrido				
Se generan discusiones entre pasajeros y transportistas o colectores durante el recorrido				
Manifiesto de alguna falla mecánica				
Accidente de tránsito u otro daños graves				
Retardos en el recorrido más prolongados de lo habitual				

Fuente: El autor

Por otra parte, ya al hacer el recorrido dentro de una unidad de transporte público, se pudo observar que pese al hacinamiento no se registró ninguna discusión entre los pasajeros pero que si compartían su descontento hacia la postura de los transportistas con respecto a la sobrecarga de pasajeros en las unidades así como también se observó discusión entre pasajeros y transportistas al momento de salir de la unidad. Igualmente, se comprobó que esta situación sobre la salida y el ingreso de pasajeros en las unidades si genera demoras en el recorrido más sin embargo, este retraso es comparable al generado habitualmente debido al tráfico y que el mayor retraso de los ciudadanos al llegar a su destino se produce por esperar a abordar una unidad.

Seguidamente, se procedió a realizar un análisis documental de artículos periodísticos de un diario de la región sobre la situación del transporte público y se pudo constatar que en efecto cada vez hay menos unidades de transporte público, de hecho según el presidente del Sindicato de Transporte, Adolfo Alfonzo, en el mes de diciembre de 2017 solo estaban circulando unas 400 unidades en comparación a las 7.800 que circulaban en 2015, atribuyendo la salida de circulación de tantas unidades a la falta de cauchos, baterías, repuestos y otros insumos y perjudicando a un estimado de medio millón de usuarios (Rojas, 2017).

Al mismo tiempo, quedó claro que la situación está perjudicando a los ciudadanos pues algunos pueden permanecer más de 45 minutos esperando por una unidad de transporte en una parada y otros al momento de que se dan cuenta que se está aproximando una corren a abordarla buscando tratar de ingresar para poder llegar a sus destinos y que esta problemática está afectando la puntualidad de muchos ciudadanos a sus trabajos (Rojas, 2017). Una ilustración de esta situación se puede observar en las figuras 2 y 3.

Por último, según señaló Bortolussi (2018), el transporte público se ha convertido en un verdadero drama debido a las largas horas de espera y que algunos ciudadanos se resignan a hacer caminatas interminables para llegar al sitio del destino. También se hace mención al hecho de que las unidades habilitadas por TransCarabobo (el sistema de BTR implementado en la ciudad) son insuficientes para satisfacer la

demanda y, a la circulación de medios de transporte improvisados que no son más que camiones que anteriormente se usaban para el traslado de ganado o alimentos, los cuales han surgido como alternativa para que los ciudadanos puedan trasladarse pese al desagrado que manifiestan al respecto. De hecho, el tener que subirse a estos transportes alternos como camionetas tipo Pick up o camiones 350, por ejemplo, se ha estado convirtiendo para muchos en una práctica habitual (Tineo, 2018). Una ilustración de esta situación se muestra en la figura 4.



Figura 2: Esperas prolongadas en las paradas de autobuses

Fuente: Bortolussi



Figura 3: Unidades de transporte público saturadas

Fuente: Rojas



Figura 4: Vehículo de transporte público improvisado circulando en la ciudad.

Fuente: Tineo

En atención a los resultados obtenidos de la observación y el análisis documental se puede deducir que la problemática planteada no solo sigue vigente sino que ha empeorado, ya que cada vez hay menos unidades de transporte circulando y en consecuencia más usuarios esperando en las paradas, teniendo estos que recurrir a otras alternativas como caminar hasta su destino o trasladarse en uno de los medios de transporte improvisados que no están aptos para prestar este servicio.

4.1.2. Operatividad de las redes de comunicación

Esta etapa se refirió al diagnóstico de la operatividad de las redes móviles en la ciudad de Valencia. Al ser una de las principales ciudades del país, las tres empresas que prestan servicios de telefonía móvil a nivel nacional, que son: Corporación Digitel C.A. (conocida comercialmente como Digitel), Telecomunicaciones Movilnet, C.A. (conocida comercialmente como Movilnet) y Telefónica Venezolana, C.A. (conocida comercialmente como Movistar) ofrecen servicios de voz, mensajería y datos en toda la ciudad. Actualmente, Digitel ofrece sus servicios bajo la tecnologías GSM de segunda, tercera y cuarta generación (2G, 3G y 4G, respectivamente) mientras que Movistar y Movilnet solo ofrecen sus servicios bajo las tecnologías 2G y 3G, estando la 4G aun en desarrollo.

Ahora bien, para realizar un estudio de la operatividad de las redes móviles GSM se trabajó con los datos suministrados por la página de OpenSignal. Esta es una empresa que se encarga de examinar el rendimiento de las redes de telefonía móvil basándose en los datos suministrados por los usuarios de su aplicación móvil compatible con teléfonos inteligentes, de manera que estos datos provienen del rendimiento de la señal que experimentaron los usuarios en sus teléfonos móviles en cada región. Con estos datos y mediante una metodología rigurosa, la empresa realiza una estimación y la expresa en un mapa.

Al consultar en la página de OpenSignal sobre el rendimiento de las redes de telefonía móvil en la ciudad de Valencia, se decidió hacer énfasis solo en las redes 2G y 3G debido a la poca implementación que ha tenido la tecnología 4G para la fecha y porque el sistema planteado está contemplado para trabajar en 2G. El mapa consultado en la página está referido a la cobertura en la ciudad de todos los operadores de telefonía móvil observándose una alta intensidad de señal (indicado en color verde) en gran parte de la ciudad y una señal débil (indicado en color rojo) en algunas zonas pequeñas de la ciudad. El mapa obtenido es el que se muestra a continuación en la figura 5.

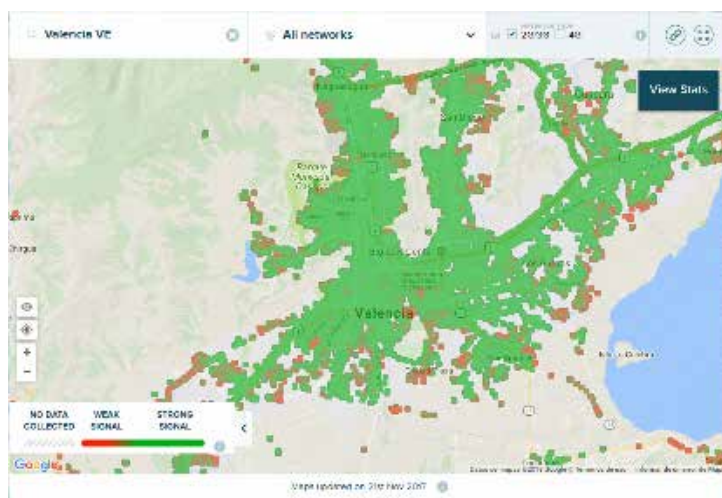


Figura 5: Mapa de Cobertura de las operadoras de telefonía móvil en Valencia.

Fuente: <https://opensignal.com>

En resumen, se puede deducir que en la ciudad de Valencia las tres empresas proveedoras de servicio se encuentran operativas teniendo en toda la ciudad con una fuerte intensidad de señal en gran parte de esta. Por ende, al considerar lo planteado en el diagnóstico de la situación del sistema de transporte público con lo reportado sobre la intensidad de señal de las redes móviles se determinó que puede evaluarse la factibilidad de implementar el sistema inicialmente propuesto.

4.2. Evaluación de la factibilidad de implementar un sistema de comunicación con respuesta programada en las unidades de transporte urbano en Valencia

En esta fase de la investigación se realizó un estudio para evaluar si el sistema propuesto para contribuir a mejorar la calidad del servicio ofrecido por el sistema de transporte público en la ciudad de Valencia, en el estado Carabobo puede ser implementado. Para esto se realizaron análisis documentales para determinar como es la proporción de usuarios de telefonía móvil en la ciudad y en que parte de la ciudad puede iniciarse su implementación.

Para empezar, según lo estimado por CONATEL (2017), hasta el segundo trimestre del año había 25.829.369 líneas activas de 27.512.042 líneas totales de telefonía móvil en el país, lo que implica una estimación de 83 líneas activas de telefonía móvil por cada 100 habitantes. Del total de usuarios de telefonía móvil, se estima una cantidad de 13.481.355 suscriptores con teléfonos considerados como inteligente, entendiéndose estos como aquellos terminales de telefonía móvil con capacidades de realizar actividades semejantes a las de una minicomputadora. También, se estimó un total una cantidad de 15.505.165 suscriptores que poseen un plan de acceso a Redes de Datos, por lo es deducible que más de la mitad de los usuarios de telefonía móvil poseen un teléfono inteligente y un plan de datos activado.

Del mismo modo, 1.868.235 de las líneas totales pertenecen al estado Carabobo, entidad que según el último censo realizado por el Instituto Nacional de Estadística (2011), tenía una población de 2.245.744 habitantes de los cuales cerca del 60%

pertenecían a los municipios que comprenden la ciudad de Valencia (Valencia, Naguanagua, San Diego, Libertador y Los Guayos). Por lo tanto, al tomar en cuenta que la ciudad de Valencia es la más poblada de la entidad y una de las principales de la nación, es posible inducir que las proporciones de las estimaciones de líneas activas, usuarios con teléfonos inteligentes y suscriptores a un plan de datos es mayor o igual a las proporciones a nivel nacional por lo que se puede deducir que solo una pequeña parte de los ciudadanos en Valencia no posee un terminal de telefonía móvil con línea activa y plan de datos, por lo que el sistema propuesto puede ser ampliamente usado por los ciudadanos que usan el sistema de transporte público.

Luego, basándose en las condiciones geográficas de la ciudad se consideró conveniente plantear que para implementarse tal sistema inicialmente debe considerarse hacer pruebas en un tramo de la ciudad, por lo que se planteó como tramo ideal el comprendido por la Avenida Bolívar que va desde la Redoma de Guaparo hasta la Avenida Rojas Queipo por tratarse de una trayectoria donde se observa gran movimiento de ciudadanos, una cobertura de red móvil con una fuerte intensidad de señal y ningún puente o túnel que genere obstrucción tanto en la cobertura de la red GSM como en la del GPS. Esto puede observarse en el mapa generado en OpenStreetMap mostrado en la figura 6.

OpenStreetMap es un proyecto web mediante el cual se pueden consultar una diversidad de mapas a través de la red. Este proyecto es desarrollado por una gran comunidad de colaboradores contribuyen al diseño de los mapas añadiendo y manteniendo datos sobre caminos, senderos, cafeterías, estaciones de ferrocarril y muchas cosas más a lo largo de todo el mundo utilizando imágenes aéreas, dispositivos GPS, mapas y otras fuentes de datos libres para verificar que los datos de OSM sean precisos y estén actualizados. Estos datos son perceptibles en los mapas a través de colores e indicadores que describen una leyenda (mostrada en la figura 7), lo que hizo que fuese una opción sencilla para estudiar las condiciones geográficas del tramo en comparación a otras alternativas de mapas de buscadores como Google, Bing o Yahoo!.

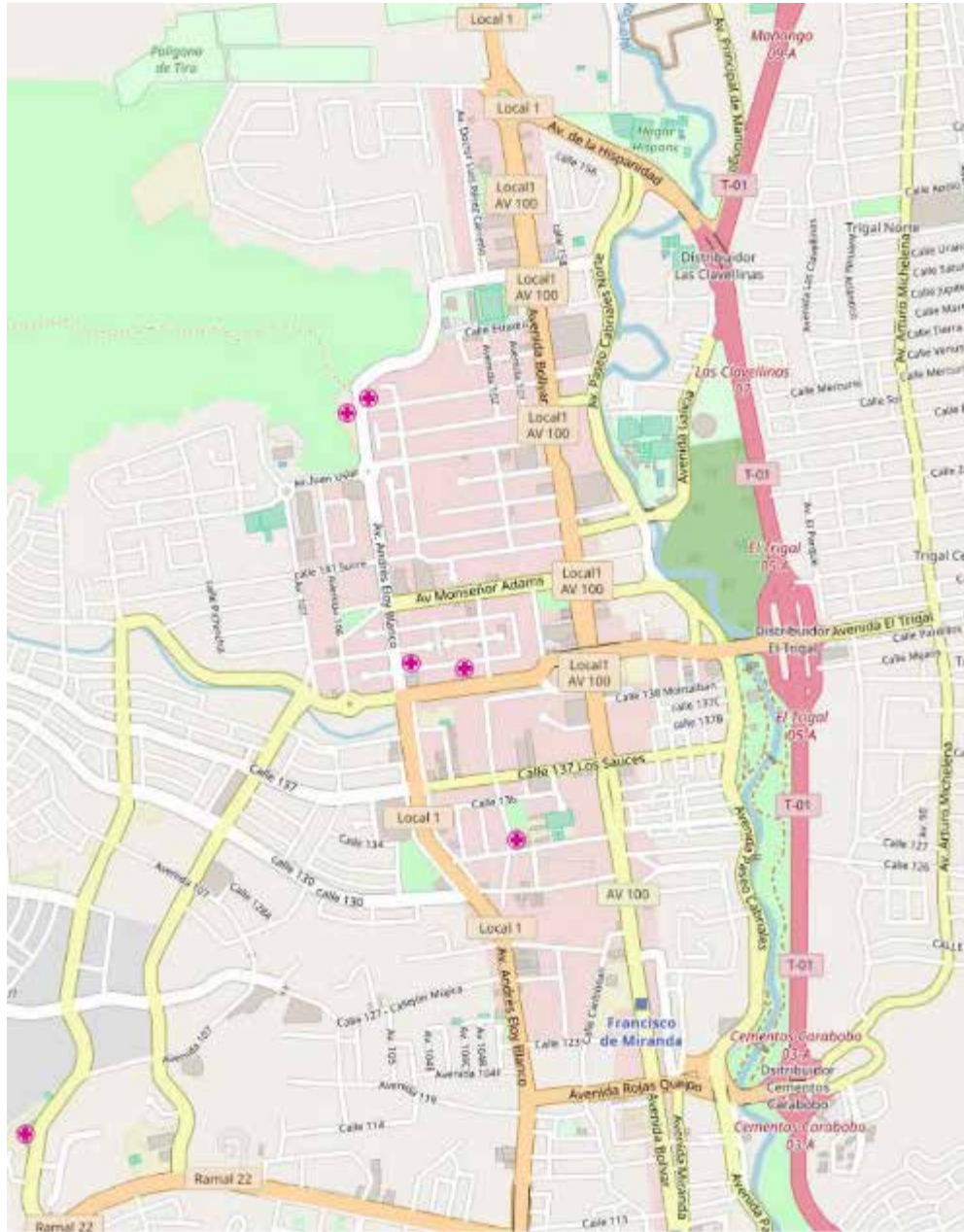


Figura 6. Mapa de Valencia

Tramo Av. Boívar, desde ls Redoma de Guaparo hasta la Av. Rojas Queipo

Fuente: OpenStreetMap.org



Figura 7 :Leyenda de Mapas estandar de OpenStreetMap

Fuente: OpenStreetMap.org, El autor.

De esta manera, se demostró que en el tramo ideal para iniciar las pruebas, en caso de ser implementado es adecuado porque efectivamente no tiene ninguna fuente de obstrucción en la transmisión de datos en los módulos GSM y GPS. Dado a que en el tramo solo predominan el color naranja, que indican que se trata de una carretera principal y el color rosa en los alrededores que indica que se trata de zonas de comercio, resultando obvio el movimiento de ciudadanos en ese tramo y corroborando la información real sobre el tramo en cuestión.

Para finalizar con esta fase de la investigación, se amplió la consulta sobre el mapa de cobertura realizado en la fase anterior, demostrando la amplia cobertura que tiene el tramo de la Avenida Bolívar, mostrado en la figura 8; para tener un criterio más amplio de esto, se realizó esta consulta para cada uno de los operadores de forma individual, lo que se muestra en las figuras 8, 9 y 10. De esta consulta, se obtuvo

que en los tres operadores tienen una señal fuerte en la carretera principal, pero que en determinados espacios en los alrededores, en el caso de Movilnet se observa una señal debil o que no hay datos colectados sobre esta.

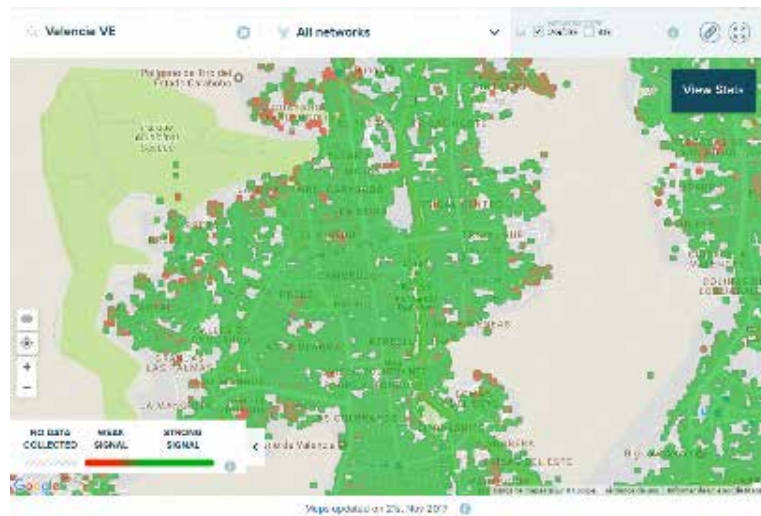


Figura 8: Mapa de Cobertura de las operadoras de telefonía móvil en la Av. Bolívar

Fuente: <https://opensignal.com>

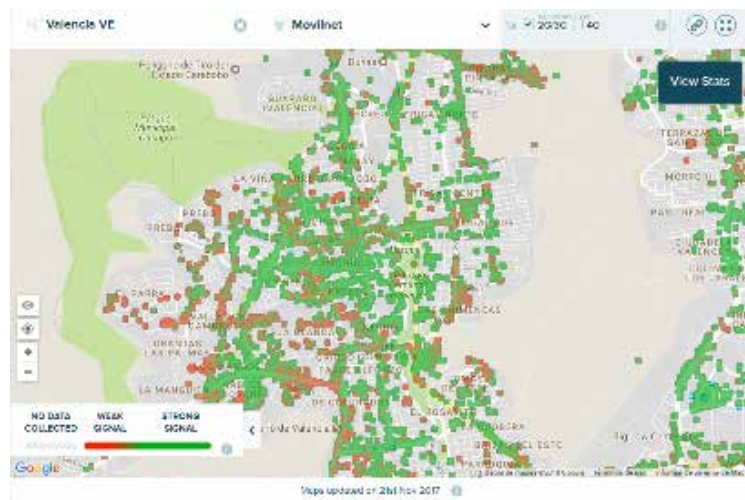


Figura 9: Mapa de Cobertura de Movilnet en la Av. Bolívar

Fuente: <https://opensignal.com>

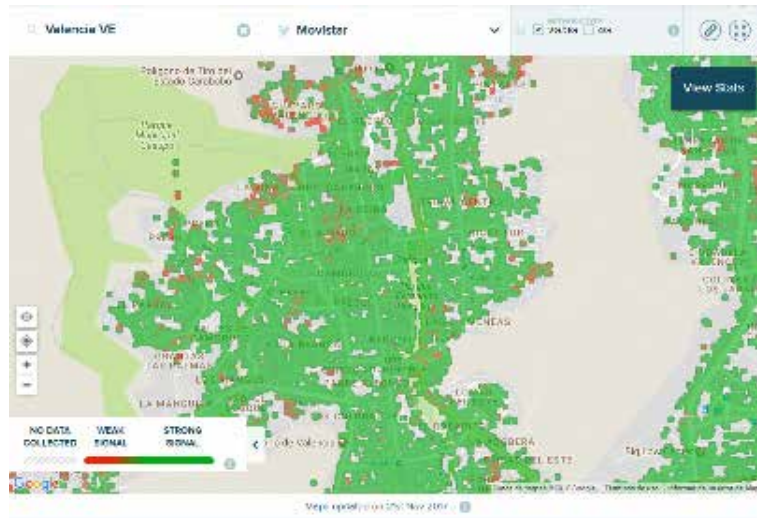


Figura 10: Mapa de Cobertura de Movistar en la Av. Bolívar

Fuente: <https://opensignal.com>

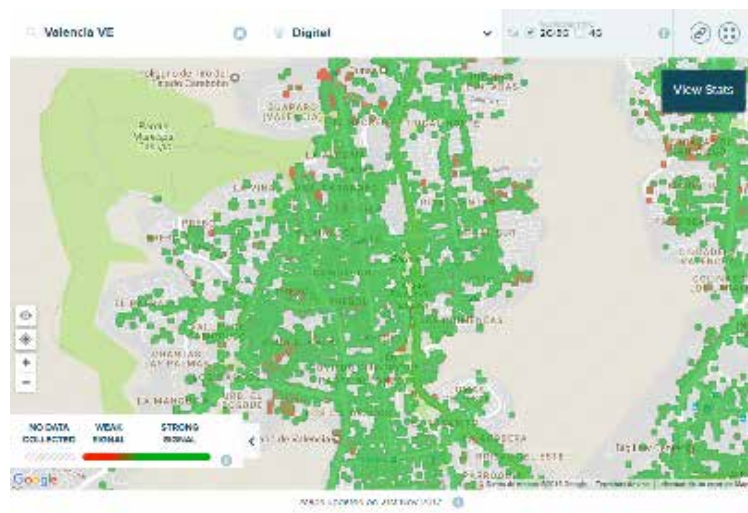


Figura 11 Mapa de Cobertura de Digitel en la Av. Bolívar.

Fuente: <https://opensignal.com>

En resumen, quedo demostrado que es factible implementar el sistema de comunicación para de disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público en Valencia, estado Carabobo y que un tramo ideal para realizar pruebas del diseño es el tramo que comprende la Avenida Bolívar desde la Redoma de Guaparo hasta la Avenida Rojas Queipo dada su amplia cobertura y condiciones

geográficas, lo que garantiza que la comunicación entre el sistema y el usuario interesado mediante mensajería de texto pueda llevarse a cabo sin inconvenientes.

4.3. Requerimientos y Limitaciones a considerar en el desarrollo de un sistema de comunicación para una unidad de transporte público

Esta fase de la investigación consistió en determinar cuáles son los componentes necesarios para diseñar un sistema de comunicación con respuesta programada sobre la disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público, ya teniendo conocimiento de que es factible que el sistema pueda desarrollarse, lo que siguió fue investigar los parámetros requeridos para diseñarlo.

4.3.1. Selección de los módulos GSM, GPS y tarjeta SIM

Para empezar, fue de mucha importancia describir de que se trata el sistema a diseñar y porque se estaban considerando los componentes iniciales. Primero, el sistema se define como un sistema de comunicación porque se quiere este reciba y transmita una información, en este caso la información relacionada a la ubicación y disponibilidad de una unidad de transporte público, dado que la comunicación entre este sistema y el terminal móvil de cualquier usuario que solicite la información desde cualquier parte de la ciudad, es evidente que el sistema debe ser de comunicación inalámbrica y por tal motivo se plantea el uso de un módulo GSM.

Dentro de ese orden de ideas, el sistema a diseñar es un sistema que envía información sobre la ubicación y disponibilidad de una unidad de transporte público, al mencionar ubicación se refiere a el lugar estimado dónde se encuentra o por donde está pasando la unidad y la forma más sencilla de ubicar algún objeto en el espacio es mediante la identificación de las coordenadas del punto donde se encuentra dicho objeto y la forma más sencilla de estimar estas coordenadas es mediante el uso de los satélites del sistema GPS, razón por la que es requerido un módulo GPS.

Ahora bien, para la selección del módulo GSM se consideró primero plantear el uso de un módulo SM5100B ofrecido por Sparkfun Electronics y utilizado en varias investigaciones (Bedoya, Salazar y Muñoz, 2013; Lee, Tewolde y Kwon, 2014). Sin embargo, al consultar los datos en la página del fabricante se encontró que el

producto fue descontinuado (ver Figura 12) por lo que fue necesario buscar otro módulo compatible con Arduino que se encontrara disponible en el mercado.

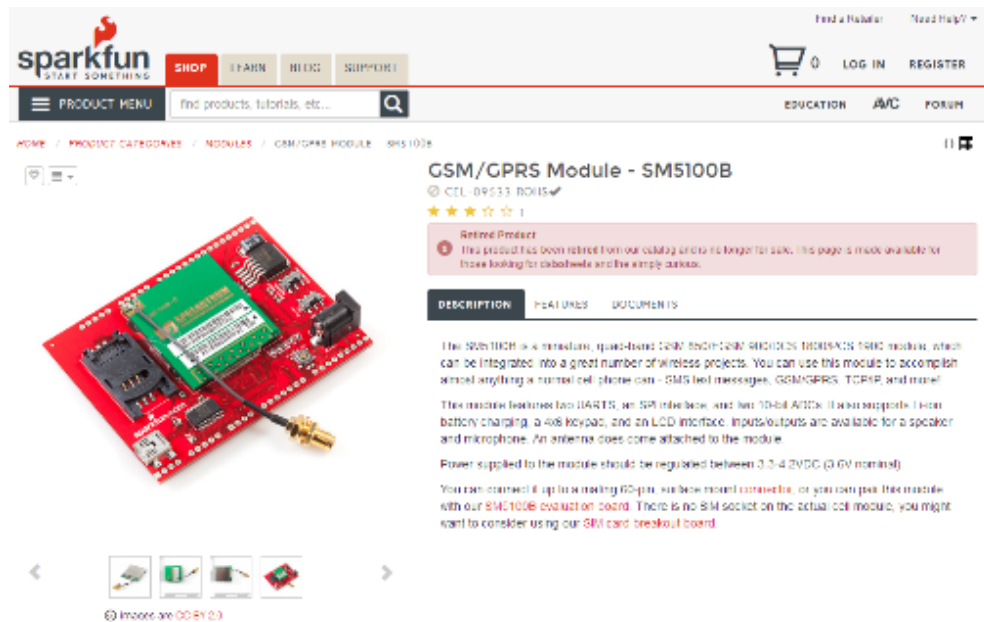


Figura 12: Módulo GSM 5100B de Sparkfun Electronics (Descontinuado)

Fuente: Sparkfun.com

En esta búsqueda se encontró el módulo A7 GSM GPRS GPS 3 en 1 diseñado por Ai-Thinker, del cual había disponibilidad en la tienda de Amazon de una tarjeta fabricada por MakeFfocus, que no solo cumple con las funciones de enviar y recibir mensajes de texto sino que también trabaja con GPS por lo que su selección ahorraría el tener que decidir por un módulo GPS y haría más sencillo el diseño de un prototipo. Cabe mencionar que debido a sus características, precio y comentarios de compradores, se consideró este módulo como la opción más adecuada para formar parte del sistema de comunicación con respuesta programada sobre disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público de la ciudad de Valencia, en el estado Carabobo.

Otro aspecto a tomar en cuenta, sobre la selección de esta tarjeta es que al hacer la compra ya vienen incluida las antenas para la recepción y transmisión mediante GSM/GPRS y GPS por lo que, al menos, para realizar las pruebas iniciales no será necesario decidir sobre cuáles serían las antenas adecuadas sino que se debe estudiar si las antenas incluidas son apropiadas para el sistema diseñado. Una imagen referencial de la tarjeta y sus respectivas antenas se muestra en la figura 13.



Figura 13: Módulo A7 GSM GPRS GPS 3 en 1 de MakerFocus

Fuente: MakerFocus, amazon.com

Al consultar sobre las características de la tarjeta y el módulo seleccionado se encontraron las siguientes:

- Voltaje de alimentación: 5-9 VDC.
- Antena activa de interfaz IPEX.
- Amplificación de dos etapas de alta ganancia y señal fuerte.
- Al Insertar una tarjeta SIM y la placa Arduino, se pueden enviar mensajes. de voz y cortos a otras tarjetas SIM.
- Soporte GSM/GPRS en cuatro bandas de frecuencia: 850 MHz / 900 MHz / 1800 MHz / 1900 MHz.
- Trabaja con antenas GPS con cables de hasta 3 m y antenas GSM/GPRS con cables de hasta 2 m, que admiten una señal más fuerte y estable.

- Temperatura de operación -30 ° C a +80 ° C.
- Voltaje de operación: 3,3 V-4,2 V (Ideal 4,0 V).
- Tensión de arranque: > 3,4 V.
- Corriente promedio en espera: < 3 mA.
- GPRS Clase 10.
- Sensibilidad <-105.
- Nivel GPIO (*General Purpose Input/Output*, Entrada/Salida de Propósito General): 2,8V.
- Soporte de llamadas de voz.
- Soporte de SMS.
- Soporte de servicio de datos GPRS, velocidad máxima de datos, descarga de 85,6 kbps, subida de 42,8 kbps.
- El usuario puede navegar por la página web a través de GPRS después de conectarse a la pantalla LCD y obtener la información GPS del módulo.
- Compatible con los comandos estándar GSM07.07, 07.05 AT y comandos de extensión Ai-Thinker.
- Soporta dos puertos serie, un puerto serial de descarga, un puerto de comando AT.
- Los comandos AT admiten puertos de comando estándar AT y TCP / IP.
- La información de posición del GPS es compatible con la salida NEMA serial única y la lectura a través del puerto AT.
- Dimensiones: 22.8×19.8×2.5mm
- Tasa de baudios: 115200 bps.
- Costo estimado: \$20-\$35.

Uno criterio fundamental que se debe tomar en cuenta para antes de adquirir cualquier terminal GSM es conocer las bandas de frecuencias que soporta el dispositivo, ya que esto permite conocer en que redes puede operar el módulo y de cual operadora se va a adquirir la tarjeta SIM. En este caso, dado que el módulo

soporta las bandas de los 850 y 900 MHz, este puede operar a través de las redes 2G de los tres prestadores de servicios de telefonía móvil de la ciudad.

Por su parte, la decisión respecto a cuál SIM sería la más apropiada para el sistema puede tomarse basándose en la comparación de los planes y tarifas que ofrecen las operadoras, la calidad de la señal en la zona o ambas condiciones inclusive. En consecuencia, ya que en la fase anterior se pudo estimar la calidad de la cobertura de las tres operadoras y basándose en esta condición, se puede inferir que la tarjeta SIM más apropiada para este sistema es la de Movistar ya que según los mapas de cobertura del tramo escogido como base para un estudio inicial (ver figuras 9, 10 y 11), esta operadora mostró mejor cobertura.

4.3.2. Selección de los Sensores

Después de tener los componentes necesarios para establecer la comunicación y determinar la ubicación, correspondió determinar los componentes necesarios para que se determine la disponibilidad. Al hablar de disponibilidad en una unidad de transporte público se refiere principalmente, a la cantidad de asientos vacantes, pero puede estimarse en base a otros criterios como la cantidad máxima de personas permitidas en una unidad. Para determinar estas condiciones es necesario realizar una cuenta de los pasajeros que se encuentran dentro de la unidad y para esto se requiere registrar los ingresos y la salida de los pasajeros de esta.

En atención a lo planteado, para que esta cuenta sea más confiable y no pueda ser vulnerada por cualquier individuo, se deben trabajar con sensores, y al tomar como referencia los antecedentes que trabajaron con contadores de pasajeros en autobuses (Molina, Niño y Vargas, 2005; Jiménez, 2013), que abordaron la cuenta de pasajeros en autobuses, se decidió iniciar con el estudio de cuáles serían los sensores más adecuados para el diseño del sistema planteado en esta investigación.

Primeramente, se realizó un análisis relacionado con los sensores escogidos por Molina, Niño y Vargas (2005), quienes seleccionaron los sensores infrarrojos SHARP IS471F para la detección de pasajeros porque encontraron que eran muy efectivos y eran accesibles. Sin embargo, debido a la antigüedad del antecedente, existía la

posibilidad de que estos sensores ya no se estén fabricando situación que lamentablemente se comprobó, al visitar la página web de Digi-key, que es una de las principales tiendas de componentes electrónicos y tiene clasificado tanto a este modelo como a su variante europea (IS471FE) como obsoletos (ver Figura 14).

The screenshot shows the Digi-Key website interface. At the top, there is a navigation bar with the Digi-Key logo and a search bar. Below the navigation bar, there are tabs for 'PRODUCTS', 'MANUFACTURERS', and 'RESOURCES'. The main content area displays the product page for the Sharp IS471FE sensor. The page is titled 'Obsolete item.' and features a 'Product Overview' table. The table includes the following information:

Product Overview	
Digi-Key Part Number	425-2069-5-ND
Quantity Available	0
Manufacturer	Sharp Microelectronics
Manufacturer Part Number	IS471FE
Description	LIGHT DETECTOR OPIC 940NM
Lead Free Status / RoHS Status	Lead free / RoHS Compliant
Moisture Sensitivity Level (MSL)	1 (Unlimited)
Detailed Description	Optical Sensor 940nm Photo Detector, Logic Output Logic Radial - 4 Leads

Below the table, there is an image of the sensor component and its pinout diagram.

Figura 14 Información sobre el sensor IS471FE, calificado como obsoleto.

Fuente: digi-key.com

El siguiente paso fue analizar lo planteado por Jiménez (2013), quien diseñó sus sensores siguiendo en base al funcionamiento de un optoacoplador 4N33 después de inicialmente hacer pruebas con los sensores piroeléctricos o infrarrojos pasivo (conocidos simplemente como sensores PIR), los cuales descartó por considerar que obtenía resultados variables. No obstante, debido a que el estudiar y realizar unos sensores siguiendo su diseño significa invertir más tiempo, se decidió descartarlos y tomar en cuenta investigar sobre los sensores, en vista a que el antecedente no es tan antiguo como el anterior.

En este sentido, al realizar el análisis correspondiente sobre la información de los sensores PIR, se pudo observar que este tipo de sensores, son sensores de proximidad que detectan movimiento basado en la medición de la radiación infrarroja y pueden programarse fácilmente con Arduino. De este tipo de sensores se encontró el módulo HC-SR501, el cual es mostrado en la figura 15.



Figura 15: Sensor PIR HC-SR501

Fuente: amazon.com

Como puede observarse, “el módulo HC-SR501 tiene 3 pines de conexión que corresponden al voltaje de entrada (+5 V), el voltaje de salida (OUT, 3,3 V) y la tierra (GND). Además, posee dos resistencias variables de calibración (Ch1 y RL2)” (Electronic Lab, 2018) La resistencia Ch1 sirve para establecer el tiempo que se va a mantener activa la salida del sensor mientras la resistencia RL2 permite establecer la distancia de detección. El módulo incluye un sensor PIR LHI778, un lente de fresnel de 23,3 mm de diámetro, un controlador BIS0001 y todos los componentes de apoyo para una fácil utilización.

Entre otras especificaciones del módulo HC-SR501 se incluyen:

- (a) Voltaje de alimentación: 5 a 12 VDC.
- (b) Consumo en espera: < 1 mA.
- (c) Rango de distancia de 3 a 7 metros ajustable.
- (d) Ángulo de detección: cono de 110°

- (e) Ajustes: 2 potenciómetros para ajuste de rango de detección y tiempo de alarma activa.
- (f) Jumper para configurar la salida de alarma en modo mono-disparo o disparo repetitivo
- (g) Salida de alarma de movimiento con ajuste de tiempo entre 3 segundos a 5 minutos.
- (h) Tiempo de inicialización: 1 minuto
- (i) Tiempo de salida inactiva: cada vez que la salida pase de activa a inactiva, permanecerá en ese estado los siguientes 3 segundos. Cualquier evento que ocurra durante ese lapso es ignorado.
- (j) Temperatura de operación: -15° a $+70^{\circ}$ C.
- (k) Dimensiones: 3.2 x 2.4 x 1.8 cm.
- (l) Consumo: 50 mA.

Es importante señalar que este módulo es pequeño, de bajo costo, de baja potencia e incorpora la tecnología más reciente en sensores de movimiento, además tener amplia disponibilidad en el mercado, lo que lo hace adecuado para programar un contador de pasajeros en una unidad de transporte público. Estos pequeños módulos tienen un precio estimado de 2\$ por unidad, y para la elaboración de un diseño inicial de un sistema de comunicación sobre disponibilidad y ubicación geográfica en una unidad de transporte público se requieren un mínimo de 2 sensores.

4.3.3. Selección del Arduino

Después de haber determinado los componentes adecuados, corresponde seleccionar el hardware Arduino que comprende el microcontrolador a través el cual se van a deben conectar los componentes anteriores y se programara con las instrucciones necesarias para poner en funcionamiento el sistema, destacando su uso por ser una plataforma que permite un sencillo montaje y diseño de proyectos y prototipos. Siguiendo la idea de Marques (2008), para seleccionar el microcontrolador ideal, es necesario hacer un estimado de las líneas de E/S necesarias

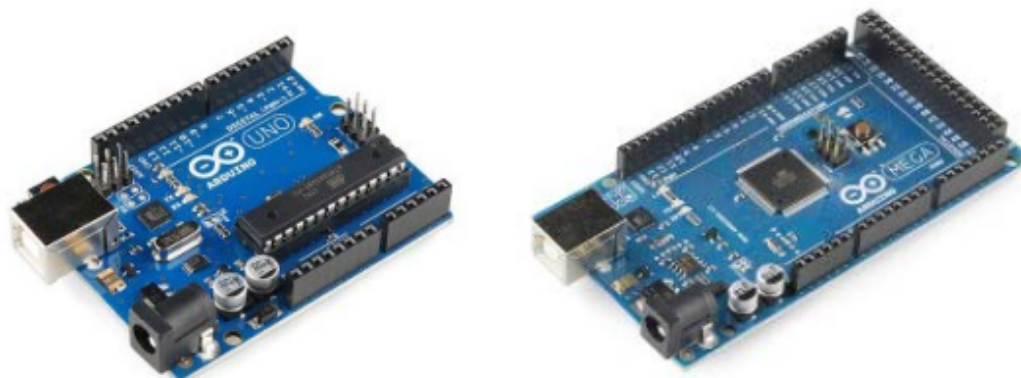
para realizar el diseño y los cantidad de puertos de comunicación UART que requiere el hardware.

Sin embargo, tal como se realizó durante la sección 4.3.1, se analizaron las investigaciones previas (Bedoya, Salazar y Muñoz, 2013 y Lee, Tewolde y Kwon, 2014) y parecía conveniente plantear un diseño con una placa Arduino UNO R3 o compatible, pues el diseño empleaba las mismas tecnologías de comunicación (GSM y GPS) y este era el hardware con el que habitualmente se realizan la mayoría de los proyectos y prototipos existentes en la actualidad, de manera que realizar la programación del microcontrolador sería algo muy sencillo, en parte debido a la existencia de tutoriales y lineamientos para configurar cada uno de los componentes en esa placa. No obstante, esta decisión no se puede tomar a la ligera, ya que seguir los instructivos para programar cada uno de los componentes y verificar su funcionamiento de forma individual no es lo mismo que programar todo un sistema, y es por eso que resulta importante la estimación de los puertos necesarios para el montaje del diseño.

Resulta conveniente resaltar que hasta el momento, los componentes que forman parte del sistema son un módulo GSM GPRS GPS 3 en 1 y al menos 2 sensores PIR pero se debe tomar en cuenta que la configuración de los sensores puede ampliarse según el propósito y no se puede descartar es el uso de los puertos de comunicación serie porque aunque existe la posibilidad de programar cualquier par de pines de E/S para que funcione como un puerto de comunicación, la programación se complica cuando se requiere más de un puerto adicional, además de que el uso de los puertos de comunicación tiene mucha utilidad al momento de hacer pruebas a través de herramientas como Serial Monitor o terminales virtuales. En consecuencia, surgió la idea de plantear que el diseño opere a través de un Arduino MEGA 2560 o compatible.

En su momento, Castro (2013) planteó esta alternativa debido a que este último disponía de más memoria, lo que era ideal, al momento de generar un sketch o programa más completo, una mayor cantidad de pines que facilitaban la conexión de

los diferentes elementos y dejando abierta la posibilidad de escalar las prestaciones del proyecto en el futuro y agregó que debido a que Arduino era una plataforma de hardware libre, podían adquirirse modelos no oficiales idénticos a un Arduino MEGA al mismo precio que un Arduino UNO, por lo que, ya el precio no representaría una desventaja del primero con respecto al último. Esta afirmación la sustentó elaborando realizando la comparación mostrada en la figura 16.



UNO		MEGA	
Microcontroller	ATmega328	Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V	Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V	Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V	Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)	Digital I/O Pins	54 (of which 15 provide PWM output)
Analog Input Pins	6	Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA	DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA	DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader	Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)	SRAM	8 KB
EEPROM	1 KB (ATmega328)	EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz	Clock Speed	16 MHz

Figura 16: Comparativa entre los modelos Arduino UNO y Arduino Mega

Fuente: Castro (2013)

Al consultar en la página web de Arduino se comprobaron no solo las especificaciones de la figura sino también que en efecto, el Arduino MEGA 2560 tiene 3 puertos de comunicación adicionales, así como los precios (sin incluir impuesto) de ambas placas oficiales, encontrándose que el Arduino MEGA R3 tiene un costo de \$38,50 y el Arduino UNO cuesta \$22. Igualmente, se consultó en Amazon sobre la disponibilidad de placas no oficiales de basadas en Arduino MEGA y se pudo constatar que pueden resultar más económicas que un Arduino UNO oficial, con precios rondando los \$15, y al ser la Arduino una plataforma de hardware libre, estas placas idénticas y compatibles se convirtieron una opción atractiva y confiable.

En atención a lo planteado, se llegó a la deducción de que era más conveniente proponer un sistema que trabaje con una placa no oficial y compatible basada en Arduino MEGA260, debido al hecho de poseer más memoria, más pines de E/S, más puertos de comunicación serie y menor costo de adquisición, de manera que se garantiza más libertad al momento de diseñar o rediseñar el sistema y una evaluación de su funcionamiento mucho más sencilla.

4.3.4. Selección de la fuente de alimentación

La alimentación del sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación en unidades de transporte público es de mucha importancia ya que el sistema propuesto requiere que este alimentado durante toda la jornada laboral de los prestadores de servicios de transporte urbano. Quizás una de las opciones más viables sea alimentar el sistema aprovechando la batería de la unidad de transporte, donde sería necesario el diseño de un regulador y un respaldo, pero una forma más simple de alimentar el sistema es a través de baterías recargables, lo cual es ideal para el estudio inicial del funcionamiento del sistema.

Para esto se requiere determinar cuáles baterías tienen la capacidad de suministrar esta energía durante toda la jornada laboral y que puedan ser recargadas finalizada la misma, esto se realizó determinando el voltaje y necesario para alimentar los componentes del sistema. Es evidente que las placas Arduino y muchos de los

componentes conectados a este pueden operar de manera satisfactoria a 5 VDC aunque suele recomendarse un voltaje de 7 VDC. Para esta propuesta, dado que tanto el módulo GSM GPRS GPS 3 en 1 y los sensores PIR pueden alimentarse con 5 VDC, se dedujo que la batería debe ser tener un valor de entre 5 y 7 VDC.

De esta manera, se dedujo que para un estudio inicial era más sencillo y económico trabajar con un baterías recargables de NiMh (Níquel Metal hidruro). Cada pila de NiMh tiene un voltaje nominal de 1,2 V y existen modelos que entregan desde 400 hasta 3000 Ah, por lo que se requiere un arreglo de baterías en serie. Ahora bien, para determinar la cantidad de pilas necesarias se usó la siguiente ecuación:

$$\text{Número de baterías} = \frac{\text{VDC sistema}}{\text{VDC pila}} = \frac{7 \text{ VDC}}{1,2 \text{ VDC}} = 5,83 \approx 6 \text{ baterías}$$

De manera que para este sistema funcione puede alimentarse con un arreglo en serie de 6 pilas recargables de igual corriente. Ahora bien, lo siguiente fue estudiar la corriente que entregan los elementos que conforman el sistema; se tiene que el módulo GSM GPRS GPS 3 en 1, la mayor parte del tiempo solo requerirá menos de 100 mA mientras que cada sensor mientras que cada sensor puede llegar a consumir hasta 50 mA, por lo que al plantear que el sistema propuesto mínimo debe tener dos sensores, se pueden estimar otro consumo de 100 mA, por lo que un arreglo de baterías de 2700 o 3000 mAh es suficiente para hacer los diagnósticos del funcionamiento del sistema propuesto.

4.3.5. Limitaciones de los componentes

Después de investigar sobre cada uno de los elementos antes planteados, encontraron las siguientes limitaciones:

- (a) Los módulos GPS solo pueden estimar las coordenadas estimadas de la ubicación de una unidad de transporte público.
- (b) El GPS puede no funcionar cuando los autobuses pasen por algún túnel o debajo de un puente.

- (c) Los sensores PIR no pueden detectar dos personas entrando o saliendo a la vez.
- (d) Los sensores PIR infrarrojos después de detectar un movimiento, deben esperar un lapso mínimo de 3 segundos para volver a detectar algo. Este lapso puede reducirse cambiando uno de los potenciómetros que poseen los sensores.
- (e) Dada la gran disponibilidad de sensores PIR mediante distintos fabricantes, las características pueden diferir un poco de las presentadas.
- (f) Las placas Arduino no tienen capacidad multitarea por lo que pueden generarse retardos al ordenar varias instrucciones a la vez.
- (g) Las baterías recargables planteadas deben ser recargadas cada cierto tiempo, para lo que se necesita un cargador adecuado que garantice que cumplan su vida útil, que puede ser corta en comparación a otras opciones más costosas.
- (h) Pueden requerirse otros elementos de circuitería como cables, tableros, resistencias o diodos LED para diseñar el sistema.
- (i) Si bien, para la selección se tomó en consideración la compatibilidad, operatividad y disponibilidad en el mercado en general, puede presentarse el caso de que alguno de los elementos planteados no pueda adquirirse en o desde Venezuela. En este caso pudiese considerarse cualquier opción que esté disponible que sea compatible y viable.

4.4. Diseño de un sistema de comunicación con respuesta programada para la disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público.

4.4.1. Esquema de funcionamiento

Para diseñar el sistema de comunicación primero se elaboró un diagrama de bloques que esquematiza el funcionamiento deseado del sistema (ver figura 17). Donde SMS1 es el mensaje de consulta, la Ubicación representa las coordenadas estimadas donde se encuentra el autobús, Carga es la cantidad de pasajeros dentro de la unidad, Mov representa el movimiento de pasajeros y SMS2 es el mensaje con la

respuesta sobre la carga de pasajeros y la ubicación geográfica de la unidad de transporte. Por ende, esto se puede interpretar como:

- SMS1 = Consulta
- SMS2 = Carga + Ubicación
- Carga = Carga + Mov ; dónde Carga es inicialmente igual a 0 y Mov es igual a +1 si ingresa un pasajero y -1 si sale un pasajero de la unidad.

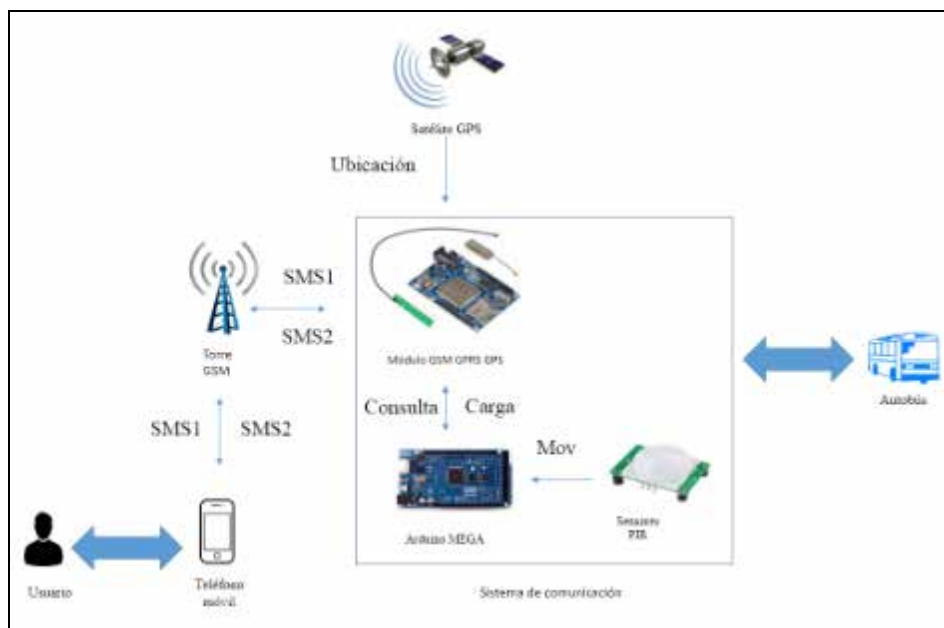


Figura 17: Diagrama de Bloques Sistema de Comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en una unidad de transporte público.

Fuente: el autor.

Visto de esta forma, el funcionamiento del sistema se puede describir de la siguiente manera: Un usuario a través de su teléfono móvil, envía un mensaje de texto SMS1 consultando la información de un autobús, que se transmite por la red GSM al sistema de comunicación diseñado, (cuyos componentes principales pueden ser observados encerrados en un cuadro); este sistema recibe el mensaje con la consulta y procesa la información sobre la ubicación, que recibe de satélites GPS y, la carga de

pasajeros, la cual determina en base a los datos que recibe de los sensores PIR, para luego generar un mensaje de texto SMS2 con la respuesta que se transmite por la red GSM y llega al teléfono móvil del usuario quien realizó la consulta.

Después de tener el diagrama de bloques, correspondió elaborar un diagrama de flujo que esquematiza las instrucciones que formarían parte del algoritmo de programación. Para una mejor comprensión se elaboraron dos diagramas, uno que describe el funcionamiento del programa principal (ver Figura 19) y el otro que detalla el funcionamiento del contador de pasajeros (ver Figura 18). Cabe acotar que dado que para este momento aún no se había realizado la programación, las instrucciones están generalizadas y no incluyen las instrucciones de retardo que pueden requerirse para un funcionamiento óptimo del sistema.

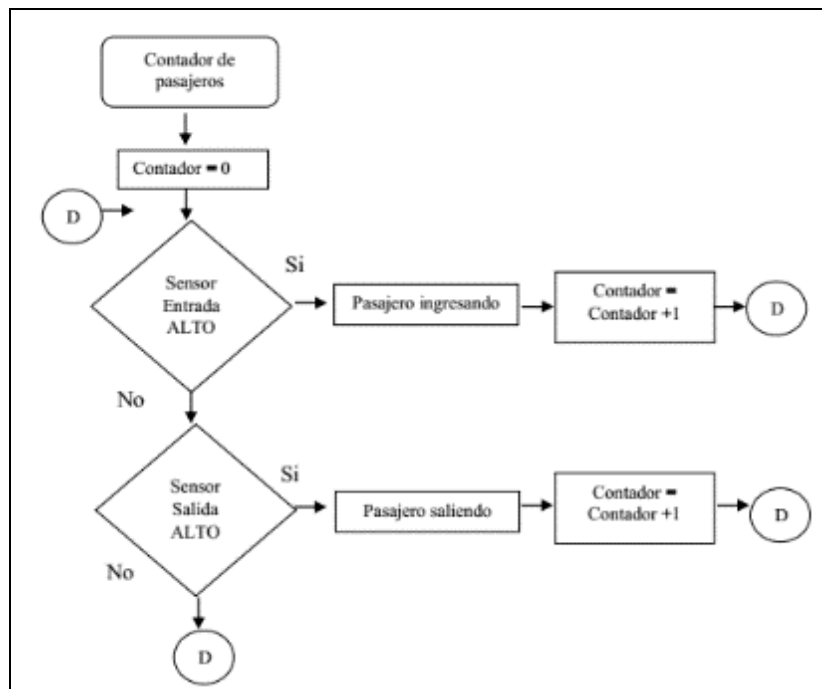


Figura 18. Diagrama de flujo del Contador de Pasajeros

Fuente: el autor

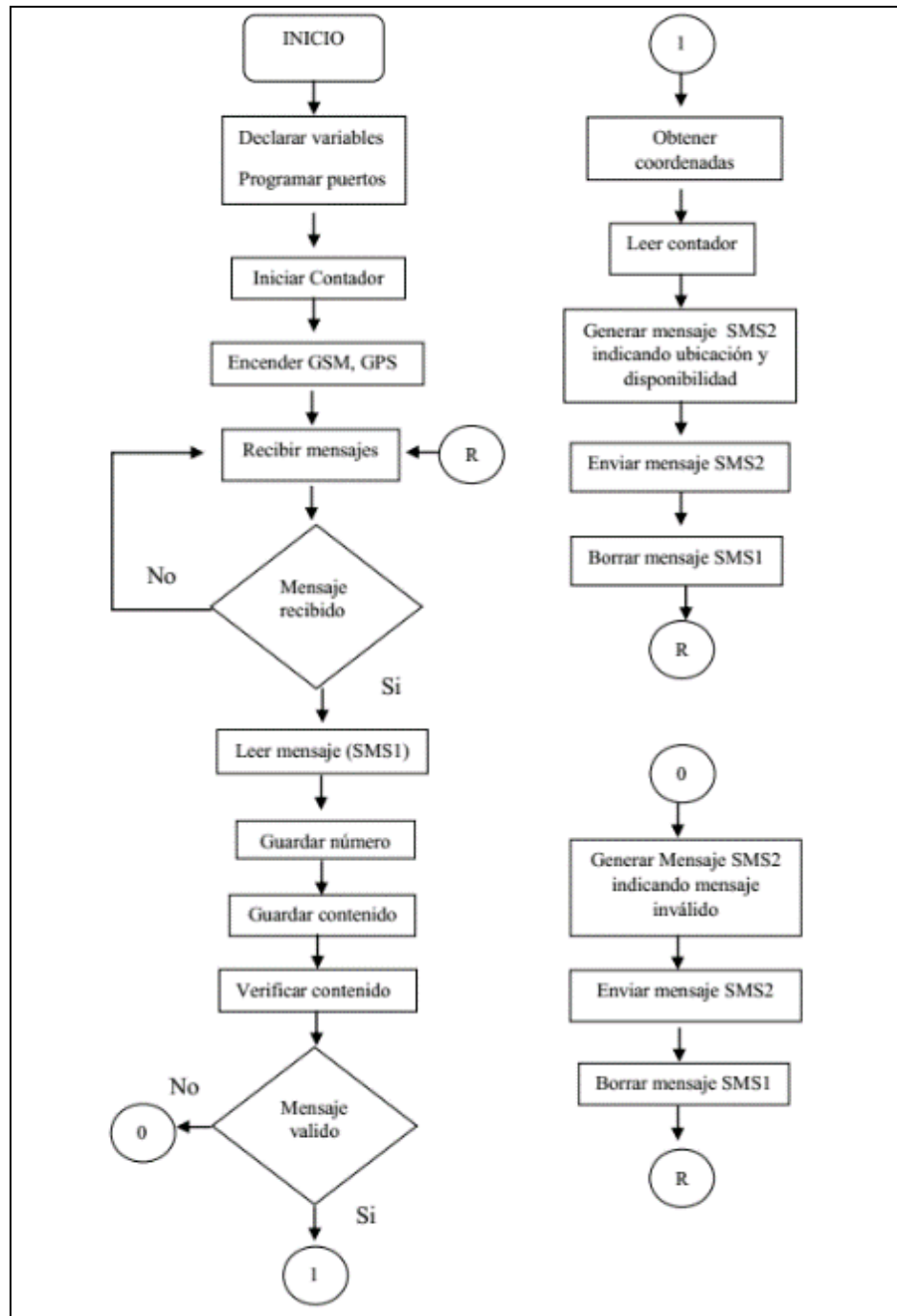


Figura 19: Diagrama de Flujo del Sistema de Comunicación para Disponibilidad y Ubicación geográfica en una unidad de transporte público

Fuente: el autor

Como puede observarse en el diagrama mostrado en la figura 17, el contador del sistema debe estar inicialmente fijado en cero y al uno de estos enviar una señal en alto, se incrementará o decrementará el contador. Al analizar más detalladamente este diagrama, es de mucha importancia resaltar que se como se planteó diseñar el sistema en base a dos sensores, estos se configuraron en base a que uno detectara las salidas y el otro los ingresos, ya que es la forma más sencilla para iniciar los estudios en relación al funcionamiento del sistema, pero un diseño siguiendo esta estructura solo puede orientarse a autobuses convencionales que tengan dos puertas de manera que se coloque un sensor en cada una y para que no sea susceptible a constantes errores, se debe ser estricto en la codición de que solo puede atravesar la puerta un pasajero a la vez.

Por otra parte, en el diagrama mostrado en la figura 18, se describió que deben establecerse los parámetros necesarios para que opere el sistema, declarar las variables necesarias y los puertos que se estan ocupando, además de que todos los componentes deben estar energizados. El sistema empieza a operar a lo que se incia el contador y se encienden e módulo de comunicación GSM y GPS, y se configura el programa para que reciba mensajes; a lo que el sistema reciba un mensaje, este debe leerlo y guardar los en su memoria tanto el dato del número del emisor del mensaje como el contenido de este para luego verificar si el contenido de mensaje es válido (un código por ejemplo), y en base a este código responder al número anteriormente guardado de acuerdo con la condición del mensaje.

Si el mensaje es valido, el sistema debe obtener las coordenadas suministradas por los satelites GPS y leer el valor de el contador para generar el mensaje sobre la ubicación y disponibilidad de la unidad de transporte público, enviarlo al usuario que realizó la consulta y finalmente borrar el mensaje inicialmente recibido. En caso contrario, el sistema enviará al usuario un mensaje indicando que el mensaje enviado inicialmente era invalido y despues borrará el mensaje recibido, ya que no es necesario conservarlo. Tras enviar el mensaje generado y borrar el recibido. Este procedimiento se repite continuamente, es decir, luego de borrar el mensaje recibido,

el sistema espera o comprueba si hay otro mensaje recibido y realiza las instrucciones ya descritas.

4.4.2. Simulación de un sistema de comunicación con respuesta programada sobre disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público

En vista de que para esta investigación no se pudo disponer de la placa ni de ninguno de los componentes requeridos para hacer una simulación más real y completa del funcionamiento se tuvo que requerir a una simulación mediante software, para lo que se trabajó con el programa PROTEUS, versión 8.6 para la simulación del montaje y su funcionamiento y el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino, versión 1.8.5 para la programación del código o sketch.

Como resultado de lo señalado, algunos aspectos relacionados con el funcionamiento quedaron en solo planteamientos debido a las limitaciones propias del software. Para iniciar con la simulación se debió primero realizar el montaje y aunque las versiones más recientes de PROTEUS han ampliado sus librerías de componentes como la incorporación de las placas Arduino y la de un módulo GPS virtual, no incluye en su librería de componentes algún módulo GSM o un sensor PIR. Sin embargo, esta situación no fue impedimento para diseñar o realizar una simulación con estos componentes ya que se encontraron librerías externas compatibles desarrolladas por otros programadores y que están disponibles en línea junto con tutoriales para su incorporación en el programa y su programación o uso en este.

Entre las librerías que se encontraron en línea destacaron las disponibles en el portal de “*The Engineering Projects*”, las cuales fueron diseñadas entre 2015 y 2016 por su fundador Syed Zain Nasir, orientadas a versiones anteriores de PROTEUS y que fueron utilizadas para el montaje en la simulación. Es evidente que para esta simulación se consideraron los módulos GSM y GPS por separado, aunque anteriormente se propuso un módulo que combianara ambas tecnologías, por lo que el diseño de la simulación tendrá más elementos pero en esencia pero el esquema de

funcionamiento planteado es el mismo. El montaje final de la simulación, mostrado en la figura 20, muestra que se usaron como componentes: El Arduino MEGA 2560, el módulo GPS y 3 terminales virtuales, cuyas librerías están disponibles por defecto en el PROTEUS y el modulo GSM y los sensores PIR, cuyas librerías son de autoría del portal antes mencionado.

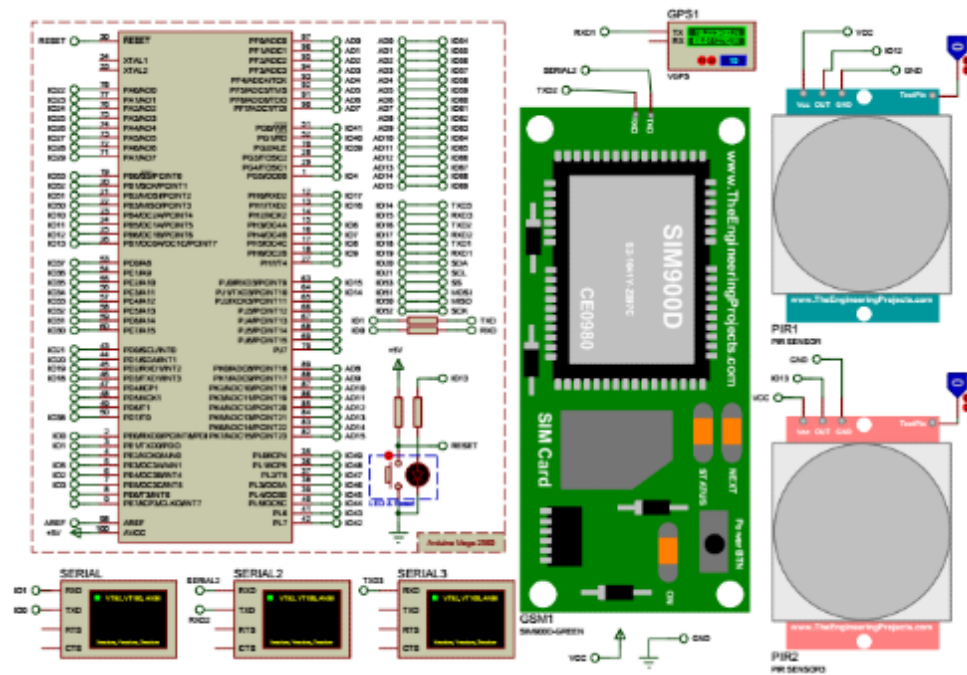


Figura 20: Montaje de la simulación de un sistema de comunicación sobre disponibilidad y ubicación geográfica para una unidad de transporte público

Fuente: el autor

Como ya se mencionó anteriormente, la programación fue realizada mediante el IDE de Arduino, el cual está diseñado para programar, compilar, grabar y en algunos casos simular de manera sencilla el sketch o código en el microcontrolador de la placa, razón por la que se decidió programar en este software aunque no se tuviese la placa. Por lo que, se después de compilar se debía ubicar el archivo hexadecimal del programa para vincularlo con el Arduino simulado en PROTEUS. Así mismo cabe mencionar que los componentes cuyas librerías fueron descargadas de internet

también requieren también ser vinculadas con su respectivo archivo hexadecimal para funcionar (los cuales estaban disponibles en al ser descargadas las librerías).

Ahora bien, para realizar la programación del sketch se tomó como referencia los códigos encontrados relacionados con el uso de las librerías GSM, PIR y GPS de *The Engineering Projects* que fueron adaptados siguiendo los diagramas de flujos planteados en las figuras 18 y 19, resultando en el código que se describirá a continuación, que fue con el que se trabajó en la simulación.

Lo primero que correspondió fue la declaración de las variables y la programación de los puertos, así como incluir las librerías compatibles con Arduino necesarias para ejecutar el programa, en este caso la librería TinyGPS que es usada para obtener directamente del módulo GPS la latitud y la longitud expresadas en grados decimales, en lugar de obtener una expresión en formato NMEA (Nasir, 2016). Se declararon cuatro variables t0, t1, t2 y t3 para expresar retardos, las variables correspondientes a la latitud y la longitud (para expresarlas como valor numérico y como una cadena), así como se programaron los puertos con su condición de entrada o salida y se fijaron las tasas de baudios para los puertos de comunicación a usar en esta simulación. Es importante acotar que para hacer más sencilla esta simulación y se decidió tomar el planteamiento de Nasir (2016), quien usó terminales virtuales en sus simulaciones en lugar de diseñar un montaje con una pantalla.

Por tal motivo, tal como se muestra en la figura 21, para esta simulación se utilizaron los cuatro terminales que dispone el Arduino, uno para establecer la comunicación con el módulo GSM y los otros tres para que actúen como monitor serial. Se estableció el estado inicial de los sensores en bajo y se asignó la función “millis()” a la variable t, que funciona como temporizador y será de utilidad para aplicar retardos varias fases del funcionamiento.

Un par de instrucciones que no se muestra en este código y que no fue necesario debido a que se estaba trabajando con una simulación fue la activación de los módulos GSM y GPS, pero en la práctica es una instrucción necesaria para que cualquier sistema con alguno de estos módulos funcione. También, es importante

acotar que debido a limitaciones de software, se fijó una misma tasa de baudios (9600 bps) donde fuese requerida, pero cabe mencionar que en la práctica es necesario buscar la tasa a la cual trabajan estos componentes en sus respectivos manuales u hojas de fabricante. Un ejemplo de esto es que el módulo A7 planteado en la fase anterior sólo trabaja a 115200 bps por lo que si se fijara una tasa diferente, no funcionaría de manera adecuada.

```
1 #include <TinyGPS.h>
2 TinyGPS gps; //Creates a new instance of the TinyGPS object
3 unsigned long t;
4 unsigned long t0=0;
5 unsigned long t1=0;
6 unsigned long t2=0;
7
8 float lat;
9 float lon;
10 String latitud;
11 String longitud;
12
13 int pir_in = 12;           // pin sensor ingreso pasajeros
14 int pir_out = 13;        // pin sensor salida pasajeros
15 int val_in=0;
16 int val_out=0;
17 int cont = 0;           // contador de pasajeos
18 void setup()
19 {
20   pinMode(pir_in, INPUT); // activacion pin del sensor de ingreso
21   pinMode(pir_out, INPUT); // activación pin del sensor de salida
22   Serial.begin(9600);
23   Serial1.begin(9600);
24   Serial2.begin(9600);
25   Serial3.begin(9600);
26   digitalWrite(pir_in, LOW);
27   digitalWrite(pir_out, LOW);
28   t= millis();
29
30 }
31
```

Figura 21: Código de programación: Declaración de variables y programación de puertos en código

Fuente: el autor

Seguidamente, como puede verse en la figura 22, se programó la puesta en funcionamiento del sistema, empezando con la programación del contador de pasajeros, en la cual se indica cuando se detecta el ingreso de un pasajero y se suma al contador y, cuando un pasajero sale del autobús y resta del contador, así como una condición para evitar números negativos. También se agregó una instrucción para mostrar la cantidad de pasajeros en uno de los terminales virtuales para monitorear si estas instrucciones se estaban llevando a cabo.

```
--
32 void loop() {
33   val_in = digitalRead(pir_in); // valor del sensor
34   val_out = digitalRead(pir_out) ; // valor del sensor
35
36
37   if (val_in == HIGH)
38   {
39     Serial3.println("Pasajero Ingresando...");
40     cont++;
41     Serial3.println("Pasajeros a bordo: ");
42     Serial3.print(cont);
43     Serial3.println();
44     delay(1000);
45   }
46
47   if (val_out == HIGH)
48   {
49     Serial3.println("Pasajero Saliendo...");
50     cont--;
51     if (cont < 0) cont=0;
52     Serial3.println("Pasajeros a bordo: ");
53     Serial3.print(cont);
54     Serial3.println();
55     delay(1000);
56   }
57
58   else {
59     t0=millis();
60     if ((t-t0)>=1000) {
61       Serial3.println("Pasajeros a bordo: ");
62       Serial3.print(cont);
63       Serial3.println();
64       t0=millis();
65     }
66   }
67 }
```

Figura 22: Código de programación: Contador de pasajeros

Fuente: el autor.

Luego, correspondió habilitar al módulo GSM para recibir mensajes de texto mediante el uso del comando AT, “AT+CNMI=2, 2, 0, 0, 0”. Dicha instrucción fue sólo referencial, ya que una limitación que tiene el componente, señalado por Nasir (2016), es que no puede simular el envío y recepción de SMS y sólo se limita a plantear los comandos AT con los que se trabajaría. Ahora bien, se puede manifestar mediante un ejemplo ilustrativo, cuando se quiere enviar o recibir un mensaje, que es mediante el envío de un carácter que invoque una función determinada. Sin embargo, para esta simulación dado que se refiere más a un sistema que replica a los mensajes recibidos, se decidió usar este conjunto de instrucciones para indicar cuando se trata de un mensaje valido o invalido, tal como se puede observar en la figura 23.

```
68 Serial2.println("AT+CNMI=2,2,0,0,0"); // AT Command to recieve a live SMS
69
70 if (Serial.available()>0)
71   switch(Serial.read())
72   {
73     case 'v':
74       SMSValido();
75       break;
76
77     case 'n':
78       SMSInvalido();
79       break;
80   }
81
82 if (Serial2.available()>0)
83   Serial.write(Serial2.read());
84 }
85
```

Figura 23. Código de programación: Indicación de condición de mensaje

Fuente: el autor

De esta manera, se configuró con la intención de asumir que habilitada la recepción de mensajes, al ingresar un carácter ‘v’ desde el terminal virtual Serial, se reciba un mensaje con el código correcto y en el caso de ingresar un carácter ‘n’ este reciba un mensaje con el código incorrecto. Para luego en las funciones a llamar se simule el envío de un mensaje de texto con la respectiva respuesta. En la práctica al recibir un mensaje este debería mostrarse en el serial monitor y las funciones que seguirían sería el leer tanto el número del remitente como el contenido del mensaje

para proceder a verificar el contenido y enviar la respuesta; para este procedimiento un arreglo de caracteres es habitual trabajar con arreglos de caracteres, aunque no se descarta el uso de alguna librería para módulos GSM que esté disponible en la web y que permita el invocar estas instrucciones de manera más sencilla.

Seguidamente correspondió declarar la función que enviaría el mensaje sobre la ubicación y carga de pasajeros de un autobús. En este caso, se inició con la búsqueda de las coordenadas a través del GPS y se invocaron comandos AT necesarios para enviar el mensaje de texto. Para esto se aplicaron el comando “AT+CMGF=1”, el cual indica que los SMS se procesaran en modo texto, el comando “AT+CMGS=\+58xxxxxxxxxxx\” que indica el número del receptor del mensaje, y que en la práctica en lugar del número, en el código iría una variable que contendría el número anteriormente guardado y luego el cuerpo del mensaje, que contiene la cantidad de pasajeros a bordo de la unidad de transporte público y un enlace generado con las coordenadas de la ubicación de esta. Lo que se muestra en la figura 24.

Para finalizar con la programación del sketch se declaró la función correspondiente al mensaje a enviar cuando el sistema reciba un mensaje con un código incorrecto o inválido, donde se invocaron los mismos comandos AT planteados en el párrafo anterior. Un detalle que se puede observar con más claridad en esta parte del código (mostrado en la figura 25) es el uso de la función “millis()” en lugar de la función “delay()”, usada en la programación de los sensores, esto se debe a que la última no es recomendable para estas tareas debido a que al invocarse se detiene todo el sistema, por lo que el sensor puede dejar de detectar algún movimiento mientras se recibe o envía un mensaje. En cambio, en el caso de los sensores se conservó debido a que no era tan perjudicial ya que en la simulación solo se observó un retardo. Listo el código solo quedó compilarlo (ver Figura 26) y buscar el hexadecimal para vincularlo al Arduino de la simulación.

```

86 void SMSValido ()
87 {
88     bool newData = false;
89
90     for (unsigned long start = millis(); millis() - start < 1000;)
91     {
92         while (Serial1.available())
93         {
94             char c = Serial1.read();
95             if (gps.encode(c))
96                 newData = true;
97         }
98     }
99
100     if (newData)      //If newData is true
101     {
102         gps.f_get_position(&lat, &lon);
103         latitud = String (lat,6);
104         longitud = String (lon, 6);
105     }
106     Serial2.println("AT+CMGF=1\r\n"); // Modo texto
107     t1=millis();
108
109     if (t1>(t+500))
110     {
111         Serial2.println("AT + CMGS =\r\n+58xxxxxxxxxx\r\n");
112         t1=millis();
113     }
114
115     if (t1>(t+200))
116     {
117         Serial2.println("Pasajeros a bordo: ");
118         Serial2.print(cont);
119         Serial2.print(", en https://nominatin.openstreetmap.org/reverse.php?format=html&lat=");
120         Serial2.print(latitud);
121         Serial2.print("alon=");
122         Serial2.print(longitud);
123         Serial2.print("azoom=18");
124         Serial2.println();
125         t1=millis();
126     }
127
128     if (t1>(t+100))
129     {
130         Serial2.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
131         t1=millis();
132     }
133
134     if (t1>(t+200))
135     {
136         Serial2.println();
137         t1=millis();
138     }
139 }
140 }

```

F

Figura 24: Código de programación: envío de mensaje valido

Fuente: el autor

```

142 void SMSInvalido ()
143 {
144
145     Serial2.println("AT+CMGF=1\r\n"); // Modo texto
146     t2=millis();
147
148     if (t2>(t+500))
149     {
150         Serial2.println("AT + CMGS =\"+58xxxxxxxxx"\r");
151         t2=millis();
152     }
153
154     if (t2>(t+200))
155     {
156         Serial2.println("Mensaje invalido ");
157         Serial2.println();
158         t2=millis();
159     }
160
161     if (t2>(t+100))
162     {
163         Serial2.println((char)26); // End AT command with a ^Z, ASCII code 26
164         t2=millis();
165     }
166
167     if (t2>(t+200))
168     {
169         Serial2.println();
170         t2=millis();
171     }
172 }

```

Figura 25. Código de programación: envío de mensaje de texto inválido

Fuente: el autor

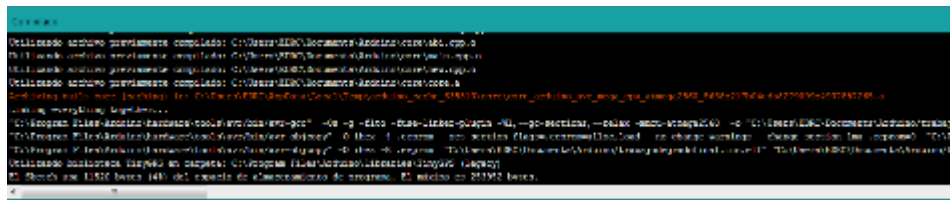


Figura 26: Programa compilado

Fuente: el autor

Ya con todos los componentes montados con sus respectivos programas vinculados se procedió a realizar la simulación y verificar el funcionamiento de cada uno de los componentes. Primero se verificó el funcionamiento del módulo GPS, el componente ofrecido por PROTEUS abre una Interfaz de Programación de Aplicaciones (API, *Application Programming Interface*) donde se permite escribir una dirección para luego estimar las coordenadas. En vista de que se propuso trabajar inicialmente con el tramo de la avenida Bolívar, se escogió simular que el autobús se

ubicaba cerca del Polideportivo Misael Delgado, el cual se encuentra dentro de esa zona. Obteniendo las coordenadas y la ubicación en mapa mostradas en la figura 27. Por lo que se deduce que el módulo puede funcionar sin problemas.

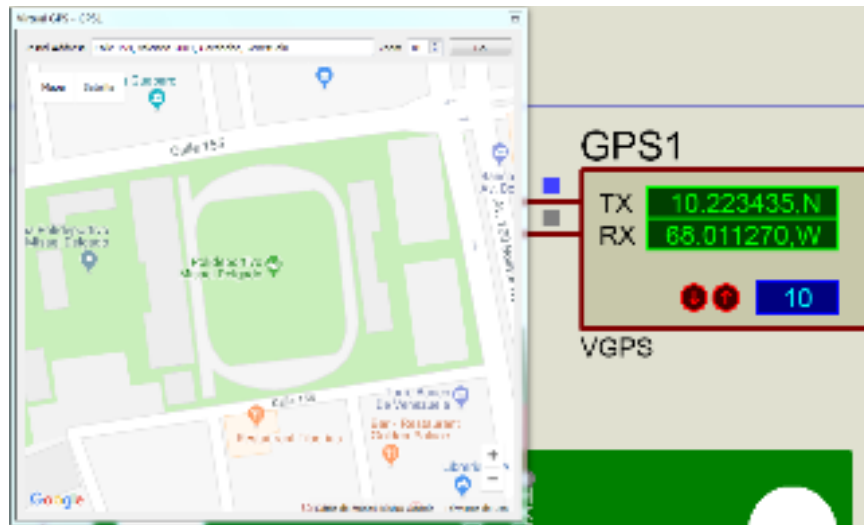


Figura 27. Prueba del GPS

Fuente: el autor

Segundo, se verificó el funcionamiento de los sensores, donde para indicar un valor alto o bajo se les colocó un LOGICSTATE en el pin de prueba que posee este componente virtual y que sirve para detectar un movimiento, los resultados de las pruebas de ambos sensores se muestran en las figuras 28 y 29 donde se puede deducir que en caso de estos detectar movimiento este se registra en el contador por lo que el contador funciona correctamente en ambos casos.

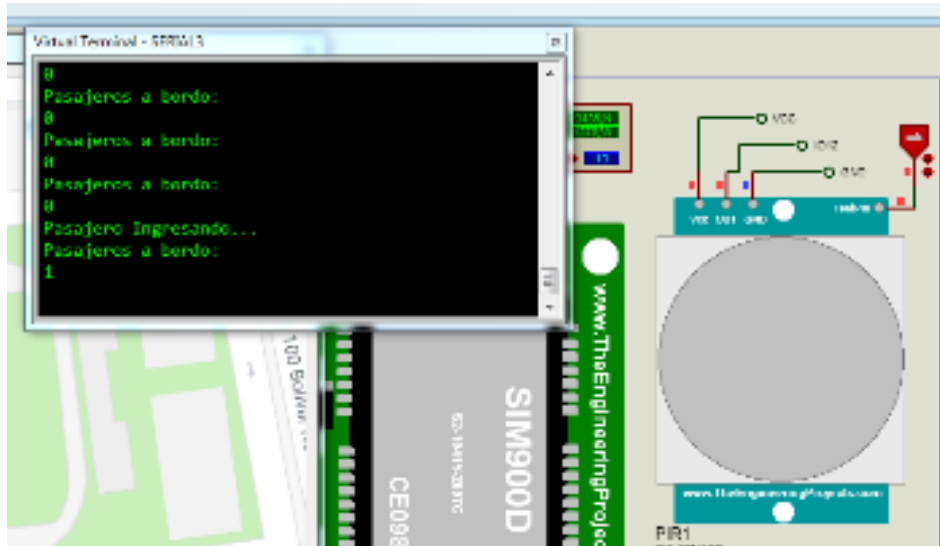


Figura 28: Prueba del sensor para ingreso de pasajeros

Fuente: el autor

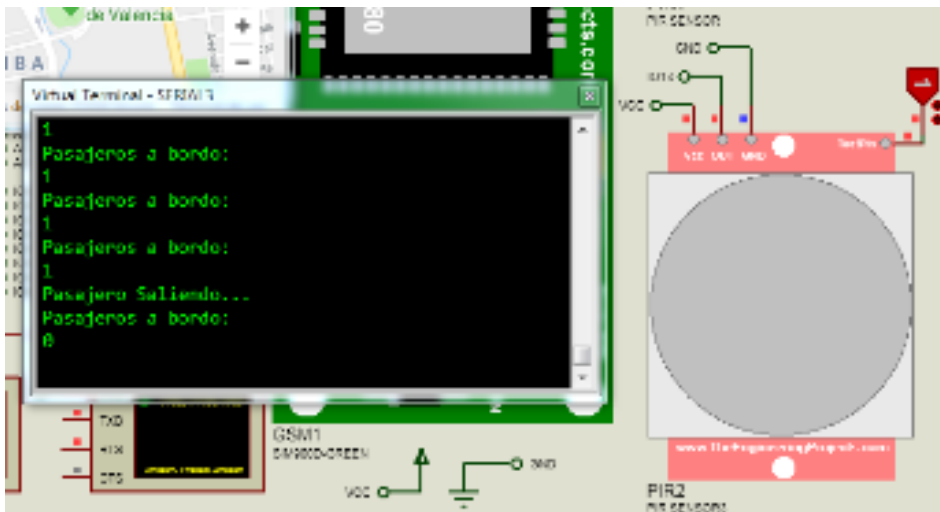


Figura 29: Prueba del sensor para salida de pasajeros

Fuente: el autor

Seguidamente, se verificó el ejemplo ilustrativo de la respuesta programada, siendo el punto de mayor interés de esta propuesta donde al enviarle al sistema un carácter que indica un mensaje de texto válido mediante el terminal virtual dispuesto para ello, se obtuvo que el sistema acató las instrucciones y simuló el envío del

mensaje con la cantidad de pasajeros y la ubicación geográfica (ver Figura 29). Por lo que hasta este punto, se puede deducir que el mensaje se enviaría y la propuesta se consideraría viable en todos los aspectos.

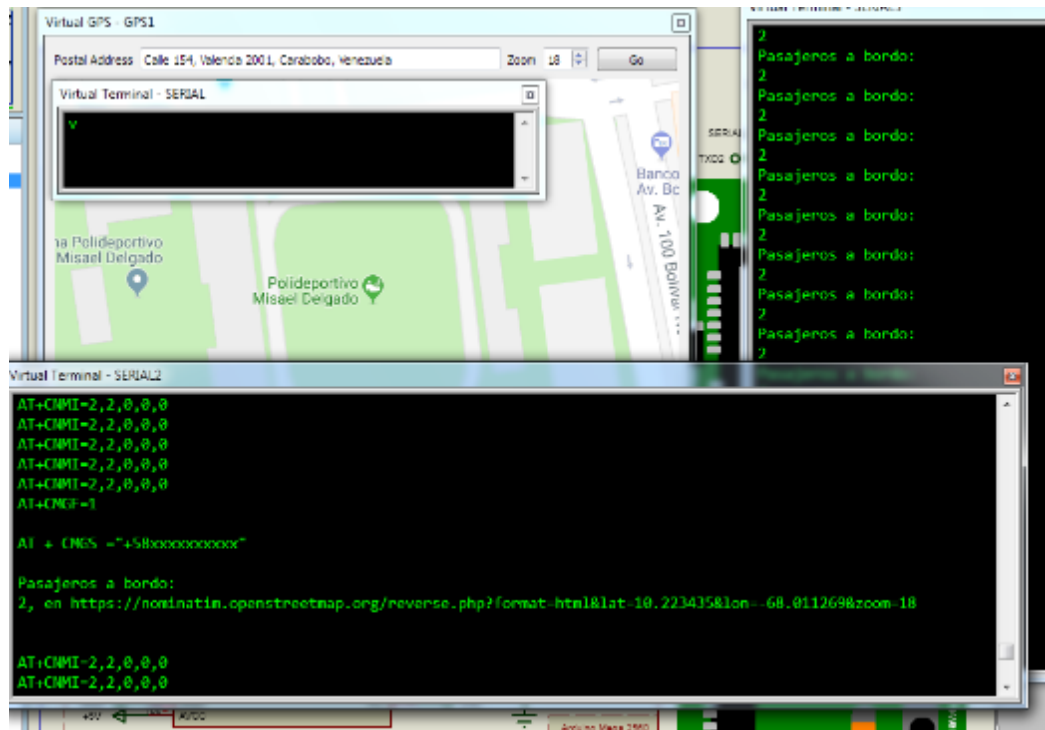


Figura 30: Simulación de envío de mensaje válido

SMS: Pasajeros a bordo: 2, en:

<https://nominatim.openstreetmap.org/reverse.php?format=html&lat=10.223435&lon=-68.011269&zoom=18>

Fuente: el autor.

Ahora bien, en el mensaje enviado por el sistema, muestra en efecto la cantidad de pasajeros que tenía el contador (2 pasajeros) y un enlace a una página web en lugar de la dirección en forma textual o simplemente las coordenadas de la ubicación de la unidad, que en efecto es la misma ubicación mostrada en la figura 27 donde se verifico el funcionamiento del GPS, algo deducible a primera vista al ver los mapas y leer detenidamente el enlace donde se leen las mismas coordenadas.

La idea de plantear el enlace a una página web con las coordenadas obedece al hecho de que la presente propuesta está orientada a principalmente a los usuarios del transporte público para que puedan obtener la información estimada sobre su ubicación y carga de pasajeros, por lo que solo transmitirles las coordenadas estimadas por el GPS no les sería de mucha utilidad, ya que la idea siempre fue indicarles el nombre del lugar estimado donde se encuentra la unidad. Por ende, resultó necesario buscar la forma de aplicar el procedimiento de geocodificación inversa, encontrándose como solución más sencilla generar un enlace a la página web de Nominatim con las coordenadas encontradas por el GPS. Nominatim, es un motor de búsqueda diseñado para OpenStreetMap que permite explorar los mapas de su base de datos mediante el ingreso de la dirección o de las coordenadas.

El programar la generación de un enlace a esta página se justifica al recalcar lo observado en la fase II de la investigación donde según las estimaciones de CONATEL (2017), más de la mitad de los suscriptores de telefonía móvil tienen teléfonos inteligentes un plan de datos activo. Por consiguiente, en la mayoría de los casos, no habría ningún inconveniente al visitar el enlace web generado por el sistema y dado que el enlace enviado dirige directamente a la página con la ubicación mostrando dirección, coordenadas aproximadas y mapa de ubicación, no se estima ningún gasto significativo.

Para finalizar, se verificó en un navegador web de un teléfono inteligente de gama bajo que el enlace enviado por el sistema muestra como dirección donde se ubica la unidad, la misma dirección simulada (El Polideportivo Misael Delgado), lo que se puede observar en la figura 30, y se comprobó que las estimaciones de la ubicación son correctas y que el enlace puede ser visitado sin ningún inconveniente, demostrando así que la decisión de enviar junto con la carga de pasajeros, un enlace web al buscador de Nominatim generado a partir de las coordenadas estimadas por el GPS es apropiada y permite cumplir con lo presentado en esta propuesta.

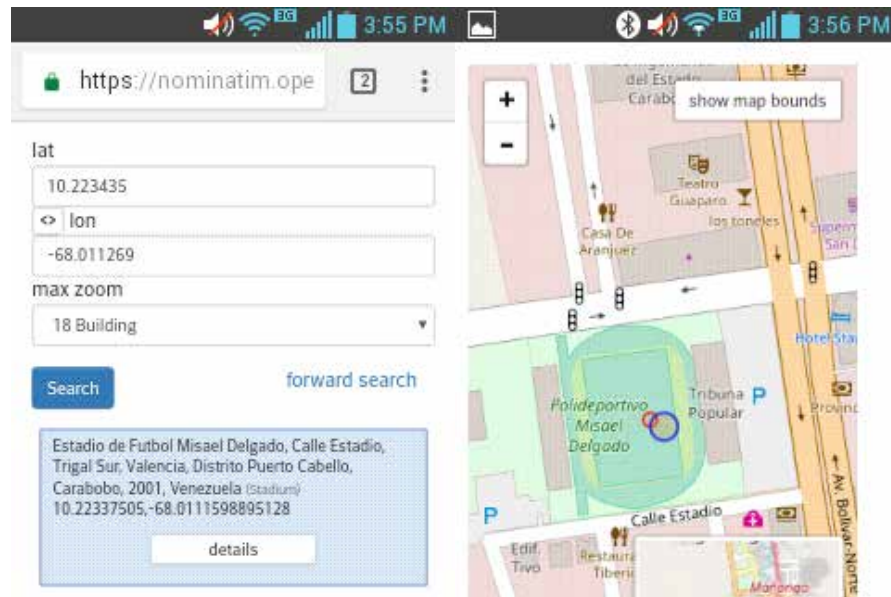


Figura 31: Ubicación geográfica estimada en Nominatim vista desde un teléfono móvil

Izquierda: dirección; Derecha: mapa
Fuente: el autor, Nominatim

De esta manera, pese a que por limitaciones económicas no se pudo disponer de un módulo GSM y una placa Arduino, los cuales hubiesen sido ideales para hacer un estudio más completo del funcionamiento del sistema diseñado, los resultados obtenidos son suficientes para demostrar que la propuesta de sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público en Valencia, estado Carabobo tiene viabilidad y puede desarrollarse e implementarse ya que representa una alternativa mucho más económica frente a otros sistemas parecidos existentes en el mercado y contribuiría a la mejora de la calidad del servicio de transporte público en la ciudad pues permitiría una mejor planificación y organización para los ciudadanos al momento de movilizarse en la ciudad y para los prestadores del servicio de transporte público al momento de distribuir las rutas y unidades.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

De la presente investigación se concluye que la problemática en el sistema de transporte público requiere inmediata atención debido a que durante el tiempo que se desarrolló este estudio, se fue observó que el hacinamiento de personas pasó a ser más notorio en las paradas que en las mismas unidades debido al evidente deterioro en estas, generando que los ciudadanos tengan que recurrir a medios de transporte improvisados, a trasladarse caminando o incluso a no trasladarse, por lo que se considera que deben tomarse medidas de planificación y organización para buscar mejorar la calidad del servicio, pues la situación actual no solo está afectando la productividad en la región.

El estudiar las condiciones geográficas de la ciudad y la operatividad de la señal, permitió concluir que un sistema que responda a una consulta sobre la disponibilidad y ubicación geográfica de autobuses en las condiciones inicialmente planteadas puede implementarse pero requiere de pruebas iniciales para verificar su correcto funcionamiento, haciendo énfasis en la recepción y envío de mensajes, y la verificación de su funcionamiento debe realizarse en una zona donde no haya ninguna interferencia significativa para las redes como un túnel o un puente y debe orientarse a unidades convencionales que tengan dos puertas, para luego de verificar su funcionamiento ampliar la compatibilidad del sistema con otras unidades.

El sistema representa una alternativa de bajo costo frente a sistemas similares desarrollados existentes en el mercado. Este, al tratarse de un sistema orientado a la mensajería de texto, puede funcionar en las redes móviles bajo la tecnología 2G, que están operativas en la ciudad y cuyos servicios son ofrecidos por las tres empresas de telefonía móvil a nivel nacional, aunque lo ideal sería contratar los servicios de aquel operador que ofrezca mejor cobertura y la tarifa más razonable. También se pudo comprobar que si bien, el sistema está planteado a comunicarse mediante SMS, puede considerarse en un futuro el uso de otros protocolos de transmisión de datos, y que

pudiese tener buena recepción por parte de los ciudadanos, ya que la mayoría posee un teléfono inteligente con un plan activo de datos.

Existe diversidad de presentaciones de cada uno de los componentes requeridos para diseñar el sistema, en la presente propuesta se presentaron los más adecuados para que sea desarrollado aunque cualquier configuración siguiendo el algoritmo planteado en el diagrama de flujo y aplicando las comandos AT de manera adecuada puede permitir que cualquier combinación de componentes sea operativa. La idea del sistema propuesto es que cualquier ciudadano con un terminal móvil consulte al autobús de su preferencia, los datos de su ubicación y carga de pasajeros estimada para que este pueda inferir su disponibilidad con respecto a sus necesidades, estas estimaciones ya que son determinadas por los datos enviados por unos sensores y el GPS tienen mayor confiabilidad ya que no son susceptibles a manipulaciones arbitrarias.

Finalmente, con los estudios realizados en esta investigación sobre la descripción del funcionamiento del sistema y las simulaciones que fueron posible realizar, se llegó a la conclusión final de que el la propuesta de un sistema de comunicación para disponibilidad y ubicación geográfica en unidades de transporte público en Valencia, edo. Carabobo tiene viabilidad para ser desarrollada aunque pueden ser requeridos unas evaluaciones prácticas previas antes de considerarse su implementación en un autobús. Con esto queda cumplido el objetivo general, y queda propuesto el planteamiento de un sistema que puede ayudar a contribuir a mejorar la calidad del servicio de transporte urbana brindando beneficios a los usuarios y a los propios transportistas, que pudiesen aprovechar las funcionalidades de este para realizar diagnósticos y tener una mejor planificación sobre la distribución de unidades en circulación y el establecimiento de las rutas.

Recomendaciones

Como anteriormente se mencionó, de llegarse a implementar este sistema se recomienda primero estudiar su funcionamiento en una unidad de transporte público convencional de dos puertas que circule en una ruta sin ninguna interferencia

significativa para luego ir desarrollando su funcionamiento hacia otro tipo de unidades y otro tipo de rutas, como las interurbanas, donde pudiese estudios más ampliados sobre la cobertura de las redes y las antenas de los terminales pero que, de ser desarrollado e implementado puede tener mayor acogida que en las ciudades.

Para un dato menos susceptible a errores, se puede considerar la configuración de dos sensores por cada puerta que estén separados una cierta distancia para que la no detecten lo mismo en un instante de tiempo cualquiera. Una configuración similar sería más adecuada para aquellas unidades de una sola puerta o aquellas de dos puertas que se quieran usar con sin ninguna distinción de función.

Otra recomendación muy importante, es que de implementarse este sistema como un servicio destinado al público pudiese considerarse el uso un sistema central que reciba la consulta de una determinada unidad y envíe la instrucción a esta de enviar al usuario la información con sus datos. Esto sería muy útil debido a que cada unidad tendría una SIM distinta y por ende un número distinto, y este sistema con un número único albergaría una agenda con los números de cada una de las unidades en circulación.

Finalmente, esta propuesta puede ser ampliada y su orientación puede ser redirigida según el propósito que se desee trabajar, ya sea el diseñar una aplicación móvil, una plataforma web relacionada a la circulación de autobuses o considerar su planteamiento y otros medios de transporte.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias impresas

- Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica*. (5a.ed.) Caracas: Episteme.
- Balestrini, M. (2006). *Como se Elabora el Proyecto de Investigación*. (7a. ed.). Caracas: BL Consultores Asociados.
- Bedoya, Y., Salazar C. y Muñoz, J. (2013). *Implementación, control y monitoreo de un Sistema de seguridad vehicular por redes GSM/GPRS*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Castro, A. (2013). *Sistema de control de temperatura a través de Arduino y la tecnología GPRS/GSM*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Díaz, L. (2011). *La Observación*. México: UNAM
- Forouzan, B. (2007). *Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones*. (4a. ed.). Madrid: McGraw-Hill
- Hurtado, J. (2010). *Metodología de la Investigación: Guía para la comprensión holística de la ciencia*. (4a. ed.). Caracas: Quirón.
- Jiménez, J. (2013). *Estudio, Diseño e Implementación de un Sistema automático para control de pasajeros y apertura de puertas en un bus tipo*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Tecnológica Israel, Quito.
- Marqués, A. (2008). *Diseño de un Sistema de seguridad y monitoreo de vehículos*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas.
- Mijares, H y García, L. (2007). *Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de grado*. San Diego: UJAP.
- Molina, C., Niño, L. y Vargas, D. (2005). *Diseño de un sistema automático para el control y acceso de personas a un autobús intermunicipal de transporte en Colombia*. Trabajo de grado no publicado, Universidad de San Buenaventura, Bogotá.

Romero, Y. y Tagliaferro, D. (2008). *Propuesta de mejora para el Sistema de Transporte en la ruta sub-urbana Boquerón-Valencia (Tramo Distribuidor Industrial I y la Urbanización Bucaral)*. Trabajo de grado no publicado, Universidad de Carabobo, Valencia.

Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y Redes de Computadoras*. (7a. ed.). Madrid: Pearson

Torrente Artero, O. (2013). *Arduino. Curso práctico de formación*. (1a. ed.). México: Alfaomega.

Referencias electrónicas

Amazon (2018). [Página web en línea]. Disponible en <https://www.amazon.com/>

Bortolussi, N. (10 de febrero de 2018). Transporte público: El drama cotidiano de los carabobeños. *El Carabobeño*. Recuperado de <https://www.el-carabobeño.com/>

Comisión Nacional de Telecomunicaciones (2017). *Informe de las cifras del sector Telecomunicaciones, II Trimestre 2017*. Recuperado de <http://www.conatel.gob.ve/>

Digi-Key Electronics (2018). [Página web en línea]. Disponible en <https://www.digikey.com/>

Electronic Lab (2018). Sensor de movimiento PIR HC-SR501. *Electronic Lab*. Recuperado de: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-movimiento-pir-hc-sr501/>

Hidalgo, D. y Monterrubio, M. (2015). Transformando el Transporte Público en América Latina. *ConnectCities: Red por la movilidad amable*. Recuperado de <http://movilidadamable.org/>

Instituto Nacional de Estadística (2014). *XIV Censo Nacional de Población y vivienda, Resultados por Entidad Federal y Municipio del Estado Carabobo*. Recuperado de <http://www.ine.gov.ve/>

Lee, S., Tewolde, G. y Kwon, J. (6 de marzo de 2014). *Design and implementation of vehicle tracking system using GPS/GSM/GPRS technology and smartphone*

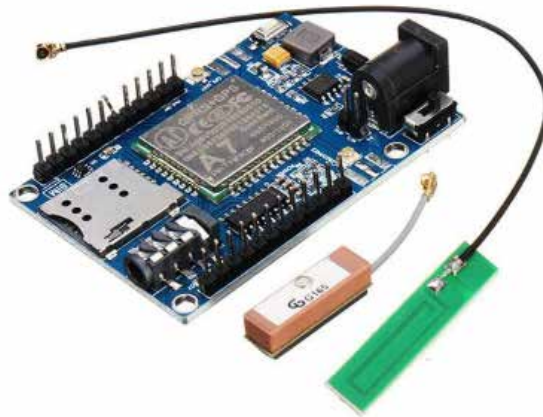
- application*. Paper presentado en el 2014 IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT). Recuperado de <https://researchgate.net/>
- Nasir, S. (2016). GSM Library for Proteus. *The Engineering Projects*. Recuperado de: <https://www.theengineeringprojects.com>
- Nasir, S. (2016). Interfacing of GPS Module with Arduino. *The Engineering Projects*. Recuperado de: <https://www.theengineeringprojects.com>
- Nasir, S. (2016). PIR Sensor Library for Proteus. *The Engineering Projects*. Recuperado de: <https://www.theengineeringprojects.com>
- Nominatim. (2018). [Página web en línea]. Disponible en <https://nominatim.openstreetmap.org/>
- Oficina de Coordinación Nacional de Posicionamiento, Navegación, y Cronometría por Satélite (Sin fecha). Sistema de Posicionamiento Global Al Servicio del Mundo. *GPS.gov*. Recuperado de <http://www.gps.gov/spanish.php>
- OpenSignal. (2017). [Página web en línea]. Disponible en <https://opensignal.com/>
- OpenStreetMap. (2018). [Página web en línea]. Disponible en <https://www.openstreetmap.org/>
- OpenStreetMap Wiki (2018). Nominatim. Recuperado de <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Nominatim>
- Prometec (2017). Anexo Comandos AT para GSM/GPRS y GPS. Prometec. Recuperado de: <https://www.prometec.net/>
- Rojas, B. (19 de junio de 2017). El transporte público en Valencia cada día tiene menos unidades. *El Carabobeño*. Recuperado de <https://www.el-carabobeño.com/>
- Rojas, B. (6 de diciembre de 2017). Solo quedan 400 unidades de transporte público en la Gran Valencia. *El Carabobeño*. Recuperado de <https://www.el-carabobeño.com/>
- Saravanakumar, S., Raja, S., Anjali, A., Indhumathi, P., Sathiya, M., Thamaraiselvi, V. y Vijayalakshmi, S. (2016). Design of Modern GSM for Emergency Alerts

Using Proteus. *International Journal on Applications in Engineering and Technology*, 2 (4). Recuperado de <http://www.atsjournal.com>

Tineo, R. (8 de febrero de 2018). Transporte público improvisado, una vía para llegar al destino. *El Carabobeño*. Recuperado de <https://www.el-carabobeño.com/>

ANEXO A

HOJA DE DATOS: MÓDULO A7 GSM GPRS GPS 3 EN 1



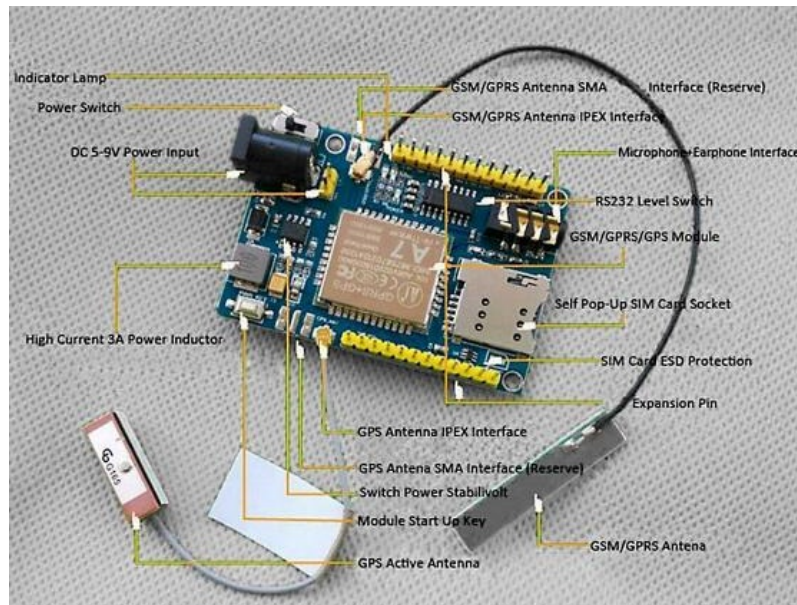
Product Description

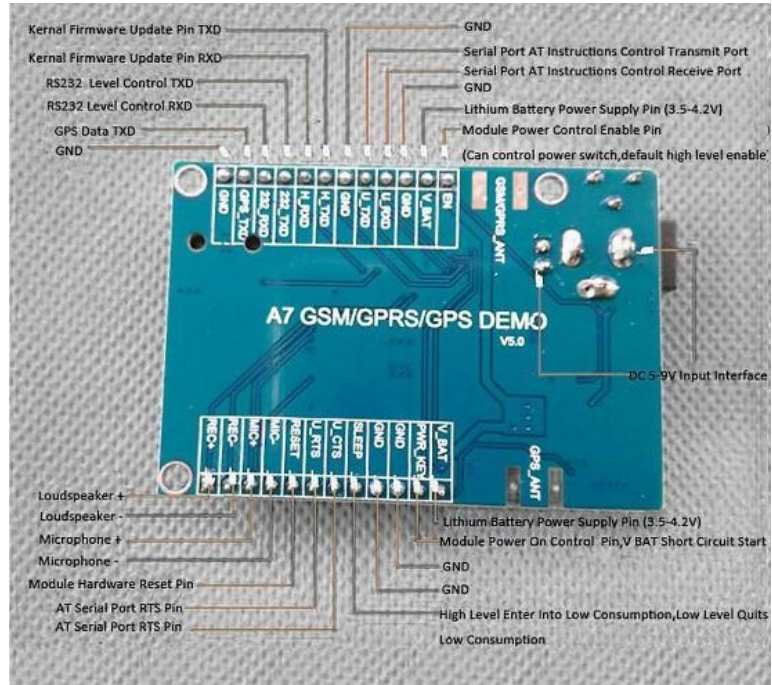
Description:

Power supply: DC5-9V
Board size: 6*4cm
Support Voice, SMS, GPRS, GPS

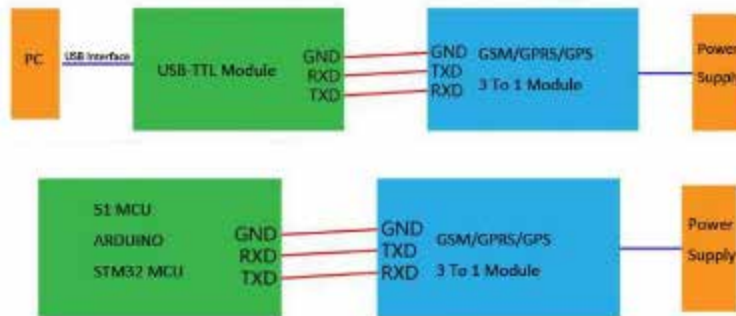
Package included:

1 x A7 GSM GPRS GPS 3 In 1 Module
1 x IPEX GPS antenna
1 x IPEX GSM antenna





Connection Picture:



ANEXO B

HOJA DE DATOS: MÓDULO SENSOR PIR SC-SR501

1 Electrical parameters

Product Type	HC--SR501 Body Sensor Module
Operating voltage range	DC 4.5-20V
Quiescent Current	<50uA
Level output	High 3.3 V /Low 0V
Trigger	L can not be repeated trigger/H can be repeated trigger(Default repeated trigger)
Delay time	5-200S(adjustable) the range is (0.xx second to tens of second)
Block time	2.5S(default)Can be made a range(0.xx to tens of seconds
Board Dimensions	32mm*24mm
Angle Sensor	<100 ° cone angle
Operation Temp.	-15-+70 degrees
Lens size sensor	Diameter:23mm(Default)

2 Features:

1, the automatic sensor: to enter the sensor output range is high, people leave the sensor range of the automatic delay off high, output low.

2, the photosensitive control (optional, factory is not set) may set the photosensitive control during the day or light intensity without induction.

3, the temperature compensation (optional, factory is not set): In the summer when the ambient temperature rises to 30 ~ 32 °C, slightly shorter detection range, temperature compensation can be used as a performance compensation.

- 4, two trigger mode: (can be selected by jumpers)
 - a. can not repeat the trigger: the sensor output high, the delay time is over, the output will automatically become low from high;
 - b. repeatable trigger: the sensor output high after the delay period, if the human body in its sensing range Activities, its output will remain high until after the delay will be left high to low (sensor module review Measured activities of each body will be automatically extended after a delay time, and the final event of the delay time Starting point of time).
- 5, with induction blocking time (the default setting: 2.5S block time): sensor module, after each sensor output (high change Into a low level), you can set up a blockade followed by time period, in this time period the sensor does not accept any sensor signal. This feature can have a "sensor output time" and "blocking time" the interval between the work produced can be applied to detect the interval Products; also inhibit this function during load switching for a variety of interference. (This time can be set at zero seconds - Tens of seconds).
- 6, the working voltage range: the default voltage DC4.5V-20V.
- 7, micro-power consumption: static current "50 microamps, especially for battery-powered automatic control products.
- 8, the output high level signals: types of circuits can be easily and docking.

3 Instructions:

1. Sensing module for about a minute after power initialization time, during the interval to the output module 0-3 times a minute in standby mode.
2. Should avoid direct lighting such as interference sources close the surface of the lens module so as to avoid the introduction of interference signal generator malfunction; use of the environment to avoid the flow of the wind, the wind sensor will also cause interference.

3. Sensor module using a dual probe, the probe's window is rectangular, dual (A per B million) in the direction of the ends of long, when the body passed from left to right or right to left when the reach the dual IR time, distance difference, the greater the difference, more sensitive sensors, when the body from the front to the probe or from top to bottom or from bottom to top direction passing, dual IR not detected changes in the distance, no difference value, the sensor insensitive or does not work; so the sensors should be installed dual direction of the probe with human activities as much as possible parallel to the direction of maximum to ensure that the body has been passed by the dual sensor probe. To increase the sensing range of angles, the module using a circular lens, the probe also makes sense on all four sides, but still higher than the upper and lower left and right direction of sensing range, sensitivity and strong, still as far as possible by the above installation requirements. VCC, trig (control side), echo (receiving end), GND

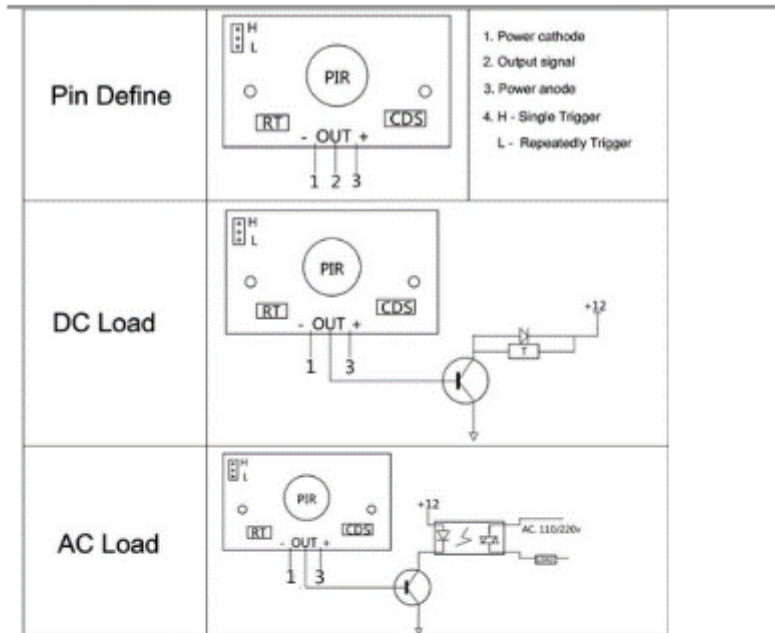
Induction Range:



Dimensions and Adjustment:

Note: The potentiometer clockwise to adjust the distance, sensing range increases (about 7 meters), on the contrary, sensing range decreases (about 3 meters).

Delay adjustment potentiometer clockwise rotation, sensor delay longer (about 300S), the other hand, induction by the short delay (about 5S).



Applications:

- 1, Security Products
- 2, the human body sensors toys
- 3, the human body sensor lighting
- 4, industrial automation and control, etc.

It can automatically and quickly open various types of incandescent, fluorescent lamps, buzzer, automatic doors, electric fans, automatic washing machine and dryer

Machines and other devices, is a high-tech products. Especially suitable for enterprises, hotels, shopping malls, warehouses and family aisles, corridors and other sensitive.

ANEXO C

HOJA DE DATOS: ARDUINO MEGA 2560

Technical Specification

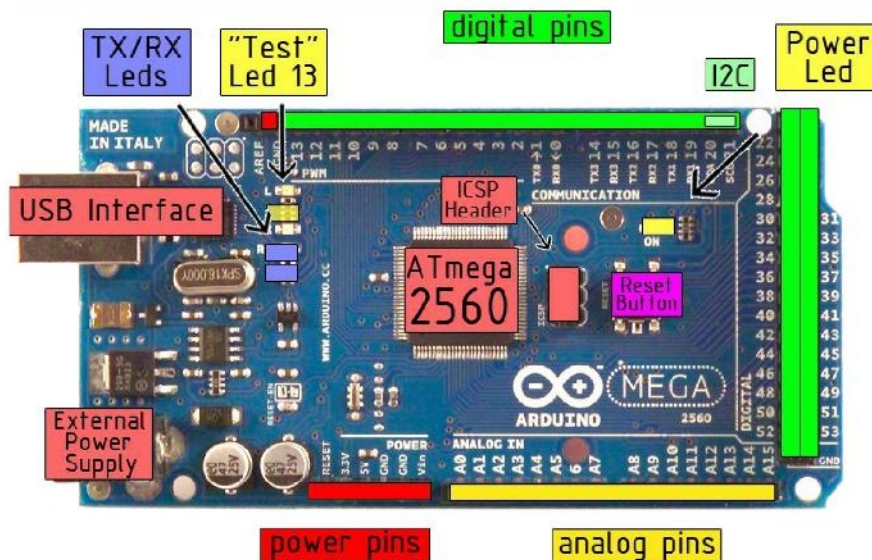


EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#) Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

the board



radiospares

RADIONICS



Power

The Arduino Mega2560 can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically. External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication, which, although provided by the underlying hardware, is not currently included in the Arduino language. The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.



radiospares

RADIONICS



Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega's digital pins.

The ATmega2560 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. To use the SPI communication, please see the ATmega2560 datasheet.

Programming

The Arduino Mega2560 can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.



radiospares

RADIONICS



Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload.

This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data.

The Mega contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility

The maximum length and width of the Mega PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega is designed to be compatible with most shields designed for the Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega and Duemilanove / Diecimila. **Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).**



radiospares

RADIONICS



How to use Arduino



Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the [Arduino programming language](#) (based on [Wiring](#)) and the Arduino development environment (based on [Processing](#)). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software on running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP).

Arduino is a cross-platform program. You'll have to follow different instructions for your personal OS. Check on the [Arduino site](#) for the latest instructions. <http://arduino.cc/en/Guide/HomePage>

Linux Install

Windows Install

Mac Install

Once you have downloaded/unzipped the arduino IDE, you can Plug the Arduino to your PC via USB cable.

Blink led

Now you're actually ready to "burn" your first program on the arduino board. To select "blink led", the physical translation of the well known programming "hello world", select

**File>Sketchbook>
Arduino-0017>Examples>
Digital>Blink**

Once you have your skeeth you'll see something very close to the screenshot on the right.

In **Tools>Board** select MEGA

Now you have to go to **Tools>SerialPort** and select the right serial port, the one arduino is attached to.

```
Arduino IDE - Arduino IDE
File Edit Sketch Tools Help
Blink $
int ledPin = 13; // LED connected to digital pin 13
// The setup() method runs once, when the sketch starts
void setup() {
  // initialise the digital pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}
// the loop() method runs over and over again,
// as long as the Arduino has power
void loop() {
  digitalWrite(ledPin, HIGH); // set the LED on
  delay(1000); // wait for a second
  digitalWrite(ledPin, LOW); // set the LED off
  delay(1000); // wait for a second
}
```



RADIOSPARES

RADIONICS

