



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

**“SISTEMA ELECTRÓNICO DE GESTIÓN Y CONTROL DEL SIMTEL EN LA
CIUDAD DE LATACUNGA.”**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de Ingeniera en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN: Sistemas embebidos

AUTOR: Karen Adriana Yépez Peñaherrera

TUTOR: Ing. Mario García, Mg.

Ambato – Ecuador

Septiembre 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación con el tema: “SISTEMA ELECTRÓNICO DE GESTIÓN Y CONTROL DEL SIMTEL EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, de la Srta. Karen Adriana Yépez Peñaherrera estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe final reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, septiembre 2018

EL TUTOR



Ing. Mario Giovanni García Carrillo, Mg.

AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente Proyecto de Investigación titulado: “SISTEMA ELECTRÓNICO DE GESTIÓN Y CONTROL DEL SIMTEL EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, septiembre 2018



Karen Adriana Yépez Peñaherrera

C.C.: 050319006-8

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato, septiembre 2018



Karen Adriana Yépez Peñaherrera

C.C.: 050319006-8

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Mg. Marco Jurado Lozada, Dr. Ing. Alberto Ríos Villacorta, revisado y aprobado el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “SISTEMA ELECTRÓNICO DE GESTIÓN Y CONTROL DEL SIMTEL EN LA CIUDAD DE LATACUNGA”, presentado por la señorita Karen Adriana Yépez Peñaherrera de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mg. Marco Jurado Lozada
DOCENTE CALIFICADOR

Dr. Ing. Alberto Ríos Villacorta
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

A mi núcleo familiar, particularmente a mis padres por otorgarme recursos humanos, financieros y tecnológicos necesarios para culminar mis estudios superiores.

A mi Mamina que a pesar de su pronta partida siempre está presente en mis acciones, en mis pensamientos y en mis decisiones, porque mi felicidad formó parte de su fortuna.

Karen Yépez

AGRADECIMIENTO

Las palabras faltan y los sentimientos sobran para expresar el regocijo de mi corazón al dar gracias a mis Padres por brindarme la mejor educación, aquella que refleja nuestro hogar.

A mi tía Mary por ser siempre nuestro ángel guardián, gracias por tu sonrisa, amor, compañía y apoyo.

Gracias infinitas a todos quienes me rodean, mi gran fortuna es contar con amigos y amigas de magnas virtudes.

Mi respeto y gratitud a mis señores profesores, la docencia mas que un trabajo es una vocación.

Karen Yépez

ÍNDICE

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	I
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
RESUMEN EJECUTIVO	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
CAPÍTULO I.....	1
1.1 Tema.....	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Delimitación	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo General:	5
1.5.2 Objetivos Específicos:.....	5
CAPÍTULO II	6
2.1 Antecedentes Investigativos	6
2.2 Fundamentación teórica	9

2.2.1	Sistema de Parqueo Inteligente	9
2.2.2	Sistema Electrónico.....	11
2.2.3	Sistemas de Telecomunicación por Radiofrecuencia.....	23
2.2.4	Centro de Datos.....	25
2.2.5	Simulación de redes	26
2.2.6	Sistemas de Control y Gestión	27
2.3	Propuesta de solución	28
CAPÍTULO III.....		29
3.1	Modalidad de la investigación.....	29
3.2	Recolección de información	29
3.3	Procesamiento y análisis de datos	30
3.4	Desarrollo del proyecto	30
CAPÍTULO IV.....		31
4.1	Introducción.....	31
4.2	Análisis de Factibilidad	32
4.2.1	Factibilidad Técnica	32
4.2.2	Factibilidad Bibliográfica.....	32
4.2.3	Factibilidad Económica.....	32
4.3	Estructura Funcional del SIMTEL	32
4.4	Ordenanza que regula SIMTEL.....	33
4.5	Estudio del funcionamiento actual del SIMTEL	35
4.6	Arquitectura del sistema electrónico de gestión y control.	43
4.7	Diseño del dispositivo electrónico y ubicación de sensores.....	49
4.8	Servidor XAMPP	57
4.8.1	Estructura de la base de datos	58
4.8.2	Recepción y almacenamiento de datos del estado de los estacionamientos	59

4.8.3	Visualización del estado de estacionamientos	60
4.8.4	Desarrollo de Aplicaciones móviles.....	64
4.9	Sistema de Gestión	66
4.10	Simulación del Sistema Electrónico de Gestión y Control del SIMTEL	70
4.11	Resultados y análisis.....	73
4.11.1	Resultados dispositivo electrónico.....	73
4.10.2	Resultados de comunicación.....	77
4.12	Presupuesto	80
CAPÍTULO V		84
5.1	Conclusiones	84
5.2	Recomendaciones.....	85
BIBLIOGRAFÍA		86
ANEXOS		92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Características de las placas Arduino y Genuino [24].	18
Tabla 2.2: Especificaciones Técnicas de los modelos Raspberry Pi [25].	20
Tabla 2.3: Lenguajes de programación [27] [28].	22
Tabla 2.4: Entornos de programación [27] [28].	22
Tabla 2.5: Clasificación de las bandas de frecuencia [30].	23
Tabla 2.6: Bandas de frecuencias de microondas [30].	24
Tabla 2.7: Banda de frecuencias superiores [30].	24
Tabla 4.1: Modelos y parámetros de sensores infrarrojos [22] [43].	45
Tabla 4.2: Módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 [22].	45
Tabla 4.3: Modelos y parámetros de Transceptores [33] [44] [45] [46].	46
Tabla 4.4: Especificaciones transceptor NRF24L01 [33].	47
Tabla 4.5: Cuantificación de elementos electrónicos.	51
Tabla 4.6: Análisis de etiquetas de los sensores.	52
Tabla 4.7: Conexión entre el arduino y el transceptor [47].	54
Tabla 4.8: Resultados dispositivo electrónico.	73
Tabla 4.9: Resultados de retardo de Simulación.	77
Tabla 4.10: Resultados de retardo en pruebas de campo.	79
Tabla 4.11: Presupuesto del prototipo.	82
Tabla 4.12: Presupuesto de Implementación.	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Esquema general del Sistema de Parqueo Inteligente [14].....	10
Figura 2.2: Sistema Electrónico [16].	11
Figura 2.3: Clasificación de sensores por los principios de transducción [20].....	12
Figura 2.4: Clasificación de sensores por el tipo de variable medida [20].	12
Figura 2.5: Arquitectura del esquema básico para sensores de presencia o distancia [18].	13
Figura 2.6: Configuraciones para el par emisor-receptor [18].	13
Figura 2.7: Circuito equivalente de un fototransistor [18].	15
Figura 2.8: Circuito equivalente de un Fotodiodo [18].	16
Figura 2.9: Transceptor NRF24L01 [33].	25
Figura 2.10: Red, módulos simples y compuestos [39].	27
Figura 4.1: Estructura de la Jefatura del SIMTEL.	33
Figura 4.2: Escala de multas en función del tiempo [2].	34
Figura 4.3: Uso incorrecto de tarjetas de estacionamiento [2].	35
Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso del SIMTEL [1].	36
Figura 4.5: Formato de rutas diarias para los controladores Zona A.	37
Figura 4.6: Formato de rutas diarias para los controladores Zona B.	37
Figura 4.7: Notificación de multas.	38
Figura 4.8: Ficha de control.	39
Figura 4.9: Tarjeta de estacionamiento del SIMTEL.....	40
Figura 4.10: Uso de la zona tarifada.	40
Figura 4.11: Vehículos estacionados en lugares prohibidos, delimitados por secciones amarillas.	41
Figura 4.12: Utilización desmedida de tarjetas.	41
Figura 4.13: Inmovilización vehicular.	42
Figura 4.14: Topología de la ciudad de Latacunga y distribución de la Zona Tarifada.	43
Figura 4.15: Diagrama de bloques del Sistema de Gestión y Control.	44
Figura 4.16: Módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 [21].	45
Figura 4.17: Diagrama General del Sistema Electrónico.....	48
Figura 4.18: Ubicación de sensores según medidas de sección.	50
Figura 4.19: Esquema del emisor Arduino Mega.	54
Figura 4.20: Esquema del emisor Arduino Uno.	55

Figura 4.21: Esquema del receptor Arduino Uno.	56
Figura 4.22: Componentes del Servidor.	57
Figura 4.23: Panel de control XAMPP.	57
Figura 4.24: Estructura de XAMPP.	58
Figura 4.25: Estructura de la base de datos.....	59
Figura 4.26: Página Web, lugares de estacionamiento	61
Figura 4.27: APP Estacionamientos.....	65
Figura 4.28: APP UsuarioSimtel.....	65
Figura 4.29: Ventana de acceso al sistema de Gestión.	66
Figura 4.30: Alertas de error en Login.....	66
Figura 4.31: Alerta de acceso denegado.	67
Figura 4.32: Flujo de trabajo Centralista.....	67
Figura 4.33: Interfaz Centralista.	68
Figura 4.34: Flujo de trabajo Inspector.	69
Figura 4.35: Interfaz Inspector_Registro.	69
Figura 4.36: Interfaz Inspector_Cierre.....	70
Figura 4.37: Descripción de red Noroccidente archivo NED.	71
Figura 4.38: Descripción de red Suroriental archivo NED.....	72
Figura 4.39: Altura de chasis vehículo prueba.....	75
Figura 4.40: Base de datos MySQL resultados antena no calibrada.....	76
Figura 4.41: Retardo de conexión.	78

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo sistematizar, gestionar y controlar el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento “SIMTEL” en la ciudad de Latacunga, mediante la verificación en tiempo real de los espacios de estacionamiento con sensores infrarrojos, los mismos que están conectados a una red de Arduinos y transceptores de radio frecuencia que se encargan de enviar la información del estado de los espacios de estacionamiento de la zona tarifada al servidor de datos remoto localizado en la dependencia del SIMTEL; el servidor de datos almacena y procesa la información para ser mostrada a los usuarios y al personal del “SIMTEL”, quienes pueden tener acceso al seguimiento de la zona tarifada a través de internet desde cualquier dispositivo ya sea una computadora personal o utilizando una aplicación para smartphone. El sistema de gestión y control del SIMTEL permite que el usuario invierta menos tiempo en buscar un lugar de estacionamiento disponible en las calles y avenidas céntricas de la ciudad cerca de su respectivo destino con solamente abrir su aplicación móvil, por otro lado, el personal del “SIMTEL” contará con un sistema capaz de optimizar el control de los lugares de estacionamiento haciendo uso de herramientas digitales, eliminando así, el uso de papel para creación de fichas de control de multas, asignación de rutas de control y registro de tarjetas de parqueo.

Palabras clave: SIMTEL, Sistema Electrónico, Sistema de Gestión, Estacionamiento, Zona tarifada.

ABSTRACT

The objective of this research project is to systematize, manage and control the Tariff Parking Municipal System "SIMTEL" in the city of Latacunga, by real-time verification of parking spaces with infrared sensors, which are connected to an Arduino network and radio frequency transceivers that are responsible for sending the status information of the parking spaces of the tariff area to the server of remote data located in the SIMTEL's office; the data server stores and processes the information to be shown to the SIMTEL's users and staff, who can access the rate zone tracking through the internet from any device, be it a personal computer or using a smartphone application. The SIMTEL management and control system allows the user to spend less time searching for a parking space available in the streets and central avenues of the city near their respective destination by only opening their mobile application, on the other hand, the SIMTEL's staff will have a system able to optimizing the control of parking spaces using digital tools, removing the use of paper to creation of fines control cards, assignment of control journey and registration of parking cards.

Keywords: SIMTEL, Electronic System, Management System, Parking, Tariff Zone.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de estacionamiento tarifados, implementados a nivel nacional, tienen como objetivo controlar el uso de la vía pública como lugar de estacionamiento en función del bienestar ciudadano. Debido al crecimiento vehicular y a la necesidad de los transeúntes a encontrar un lugar de estacionamiento en las zonas céntricas de la ciudad se requiere la implementación de tecnología electrónica para una gestión y administración de los sistemas de estacionamiento tarifados.

Los sistemas de estacionamiento pueden operar a través de sistemas embebidos que cumplen funciones específicas en tiempo real y que conjuntamente con dispositivos electrónicos pueden optimizar el uso de la vía pública como lugar de parqueo, dando a los usuarios de los sistemas tarifados de estacionamiento la facilidad de encontrar espacios disponibles con una mínima inversión de tiempo.

El Capítulo I del presente proyecto describe el régimen del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de Latacunga, las necesidades e inconvenientes de usuarios y empleados del SIMTEL por acatar y cumplir las normas de funcionamiento establecidas por el GAD Municipal de Latacunga.

En el Capítulo II se hace mención a trabajos investigativos relacionados a la implementación de sistemas electrónicos para el control de estacionamientos, utilizando distintas tecnologías según el ambiente de estudio. Este capítulo incluye la fundamentación teórica del proyecto de investigación y concluye con la propuesta de solución al problema detallado en el Capítulo I.

A continuación del marco teórico, el Capítulo III detalla la metodología utilizada en el desarrollo de este proyecto de investigación.

En el Capítulo IV se describe la estructura del sistema electrónico de gestión y control del SIMTEL, el acoplamiento, la integración y la metodología para el cumplimiento de los objetivos planteados.

Finalmente, en el Capítulo V se redactan las conclusiones y recomendaciones obtenidas del presente proyecto de investigación.

CAPÍTULO I

El problema

1.1 Tema

“SISTEMA ELECTRÓNICO DE GESTIÓN Y CONTROL DEL SIMTEL EN LA CIUDAD DE LATACUNGA.”

1.2 Planteamiento del problema

En la ciudad de Latacunga, por un incremento del parque automotor existe un desorden vehicular por la falta de lugares de estacionamiento en calles y avenidas céntricas de la ciudad provocados por empresas privadas que utilizan la vía pública como parqueadero exclusivo para clientes, obstrucción con publicidad de locales comerciales, obstrucción del paso peatonal por estacionamientos en veredas o pasos cebras, estacionamientos en paradas de transporte público, estacionamientos en doble fila.

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Latacunga a través de políticas y normativas el día 25 de abril del año 2007 basándose en los artículos: 85 numeral 1, 238, 240, 264 numeral 6 de la Constitución de la República y los artículos: 5, 7, 54 literal a), 55 literal b), 57 literal a), 322 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización que establece la Ley Orgánica de Régimen Municipal, expide la Ordenanza de Creación del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento “SIMTEL” [1], [2].

El SIMTEL oferta espacios destinados para estacionamiento vehicular, para facilitar el ingreso y salida de los vehículos en el caso de parqueaderos privados de uso público, para las cooperativas y compañías de transporte público, zonas reservadas para clínicas, hospitales y hoteles, lugares sin pago alguno para personas con discapacidad y control en los alrededores de plazas y mercados. Está habilitado en horarios de lunes a viernes de 08h00 a 18h00 y sábados de 08h00 a 19h00, para lo cual es necesario adquirir una tarjeta equivalente a una hora o fracción cuyo costo es de \$ 0.25, que el usuario puede adquirir a través de inspectores, controladores y motorizados del SIMTEL o en puntos de venta autorizados. Se debe registrar en la tarjeta el mes, día, hora y minutos de llegada y colocarla en el interior del vehículo en un sitio visible; una vez transcurrido el tiempo útil de la tarjeta el usuario debe mover el automóvil y si se requiere prolongar la estadía en un mismo sitio de estacionamiento debe adquirir otra tarjeta. Un puesto de estacionamiento puede ser ocupado por un mismo vehículo un máximo de dos horas continuas es decir el usuario debe utilizar dos tarjetas por un mismo lugar de parqueo. La zona tarifada del SIMTEL es utilizada por los latacungueños en un porcentaje de 53.8% de forma diaria y tan solo un 9,2% de ciudadanos lo utilizan esporádicamente como mínimo una vez al mes [1], [2].

Aproximadamente el 37% de usuarios no hacen uso de la zona tarifada debido a que no encuentran un lugar de estacionamiento porque existen carros mal estacionados dentro de la zona azul ocupando un espacio mayor al necesario o vehículos estacionados que han traspasado el límite de tiempo disponible. El usuario debe invertir un tiempo mínimo aproximado de 20 minutos en encontrar un lugar disponible de estacionamiento en horarios 12h00 a 13h00 y de 16h30 a 18h00, dando 4 o 5 vueltas alrededor de manzanas aledañas a su lugar de destino, una vez ubicado debe estar pendiente del tiempo que dispone para dejar su vehículo estacionado. El usuario debe mover su vehículo transcurrido el lapso disponible por cada tarjeta, invirtiendo más tiempo en la búsqueda de un nuevo lugar de parqueo [1], [2], [3].

Por otra parte, el personal del SIMTEL lleva un registro diario en papel de las rutas asignadas y fichas de control con las amonestaciones emitidas a vehículos que incumplieron con el uso de la zona tarifada que está detallado al reverso de las tarjetas del SIMTEL. Este registro en papel ocasiona contaminación ambiental y una gestión

poco confiable del sistema de estacionamiento, debido a que los datos anotados en hojas volantes pueden desaparecer sin ser registrados y sin tener constancia de la labor ejecutada, llevando en ocasiones a desfases económicos. Además, por toda la zona que debe cubrir el personal del SIMTEL, se admite que un vehículo con una tarjeta puede mantenerse en un mismo sitio una hora, pero el usuario puede o no ocupar el tiempo máximo y en caso de no ocupar en su totalidad el tiempo otro usuario puede ocupar ese mismo sitio con la oportunidad de no pagar la zona tarifada, ya que los controladores verificarán el mismo sitio de parqueo después de un lapso prolongado, lo que lleva a un control no tan satisfactorio de la zona tarifada [1], [2], [3].

1.3 Delimitación

De contenidos:

Área académica: Física y Electrónica.

Línea de investigación: Sistemas Electrónicos

Delimitación espacial: El presente proyecto de investigación se desarrolló en el GAD Municipal del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

Delimitación temporal: La presente investigación se ha desarrollado en el período marzo 2017 – agosto 2018 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Justificación

El presente proyecto de investigación automatiza el servicio ofertado por el SIMTEL en la ciudad de Latacunga, para la distribución del uso de la vía pública como lugar de estacionamiento en beneficio de usuarios propietarios de vehículos motorizados. Según registros de la Agencia Nacional de Tránsito en la ciudad de Latacunga en el año 2016 existieron 32 154 vehículos matriculados, teniendo un promedio aproximado de 4 000 vehículos según la Dirección de Planificación de la Municipalidad que circulan diario por las calles céntricas de la ciudad [4].

Mediante la digitalización del servicio que oferta el SIMTEL se pretende disminuir el tiempo que el usuario invierte en buscar un lugar de estacionamiento disponible en las calles y avenidas céntricas de la ciudad cerca de su respectivo destino. Tomando como referencia sectores aledaños a escuelas y universidades en horarios de entrada y salida de las mismas existe una fuerte congestión vehicular ocasionada por la búsqueda de lugares de parqueo, se registra diariamente alrededor de 55 amonestaciones verbales y económicas por sector emitidas por el personal del SIMTEL.

El proyecto beneficia directamente a usuarios que disponen de un vehículo motorizado y que se trasladan continuamente a diferentes puntos de la ciudad por lo que no pueden dejar en un estacionamiento fijo al vehículo, teniendo que disponer de los costados de las calles de la ciudad de Latacunga como lugar de parqueo y hacer uso de la zona tarifada. Además, se digitaliza los registros de multas y sanciones emitidos por el personal del SIMTEL, teniendo un control en tiempo real de la zona tarifada distribuida en calles y avenidas principales de la ciudad lo que implica una mayor interacción con el usuario. La digitalización del SIMTEL permite la administración detallada con reportes a la fecha entregados al GAD Municipal a quien le compete reglamentar la circulación en calles, caminos y paseos dentro de los límites de la zona urbana, restringir el uso de la vía pública con el propósito de descongestionar el tránsito basándose en la Ley Orgánica de Régimen Municipal artículo 63 numeral 19 [1], [5].

La información del desenvolvimiento actual del SIMTEL fue otorgada por el jefe del mismo Lic. Marco Molina a través de la solicitud dirigida al Dr. Patricio Sánchez Alcalde de la ciudad de Latacunga y mediante la cual se logró establecer la tecnología en software y hardware libre para la implementación del prototipo del sistema electrónico de gestión y control SIMTEL. En el sistema planteado mediante sensores infrarrojos se detectan el estado de los puestos de la zona tarifada, esos datos se envían a través de una red inalámbrica a un servidor remoto donde se almacena y se procesa la información para ser mostrada a los usuarios y al personal del “SIMTEL”, quienes podrán tener acceso al seguimiento de la zona tarifada a través de internet [3].

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General:

Implementar un prototipo del sistema electrónico de gestión y control del SIMTEL para la ciudad de Latacunga.

1.5.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el actual funcionamiento general del SIMTEL mediante información y datos proporcionados por la Jefatura del mismo.
- Analizar tecnologías inalámbricas, móviles y equipos electrónicos de fácil acceso idóneos para un sistema electrónico de gestión y control.
- Diseñar un sistema electrónico que permita conocer en tiempo real la situación de los lugares de estacionamiento delimitados por el SIMTEL.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1 Antecedentes Investigativos

Al desarrollar una investigación bibliográfica en distintos repositorios digitales de universidades a nivel nacional como sustento para el desarrollo del proyecto de investigación se hallaron los siguientes resultados:

Patricio Pesantez, Hernán Quito, Paola Méndez en su proyecto de investigación titulado “INTEGRACIÓN DE REDES INALÁMBRICAS HETEROGÉNEAS PARA LA CAPTURA Y COMUNICACIÓN DE DATOS EN LÍNEA USANDO INTERNET PARA TENER UNA SOLUCIÓN UBICUA” creando un prototipo que integra un equipo PDA a dispositivos que usan tecnologías de identificación de radiofrecuencia (rfid), bluetooth, wi-fi, GPRS/CDMA y redes Satelitales GPS. El prototipo se trata de la automatización del control de un sistema de Parqueo Tarifado manual en centros urbanos en las principales ciudades del Ecuador, en el que se intercambian: datos de las tarjetas de identificación RFID, fotografías y características de los vehículos, registros de base de datos y posición geográfica del punto de interés. El resultado es una solución moderna basada en las últimas necesidades de los usuarios y los requerimientos de los municipios para un eficiente y fácil desarrollo del servicio [6].

Carlos Esteban Santamaría Chamorro en su proyecto de investigación titulado “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA PARQUEO UTILIZANDO UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS” utiliza una red de sensores inalámbricos que permite detectar la presencia de vehículos en ambientes cerrados o abiertos en un determinado espacio de parqueo en la ciudad de Quito. La información se envía a una aplicación de administración que gestiona en tiempo real el estado de cada espacio de parqueo. Mediante una red de nodos sensores inalámbricos 6LoWPAN, integrada a una aplicación de administración, una base de datos y una aplicación para teléfonos celulares con sistema operativo Android, obteniendo en una interfaz el cambio de indicativo libre u ocupado en un slot de parqueo al recibir los datos de la red 6LoWPAN” [7].

En relación a artículos científicos publicados en revistas internacionales se hallaron los siguientes resultados:

Abu Asaduzzaman, Kishore K. Chidella, Muhammad F. Mridha en su artículo científico titulado “A TIME AND ENERGY EFFICIENT PARKING SYSTEM USING ZIGBEE COMMUNICATION PROTOCOL” proponen un sistema de parqueo inteligente para ambientes de tráfico pesado, usando módulo de transmisión ZigBee para edificios con varios pisos y capaz de enviar un mensaje a los vehículos acerca del estado de los espacios de parqueo. El sistema de monitoreo de parqueo recolecta información de los detectores de puestos de parqueo y compara el sistema propuesto usando ZigBee y otras dos tecnologías inalámbricas: Bluetooth y Wifi. Los resultados experimentales muestran que ZigBee provee transición de tiempo mejorada y ventajas de energía sobre Bluetooth y Wifi [8].

Li Lirong, Zhang Yunmei, Lv Shanshan, Chen Ye, Liu Tianqi, Xu Xinyuan, Wuhan, en su artículo científico titulado “DESIGN OF INTELLIGENT INFRARED VEHICLE DETECT SYSTEM BASED ON ZIGBEE” presentan un método de detección con infrarrojo de vehículos en ambientes urbanos de China basado en ZigBee. Los vehículos son escaneados de forma sincrónica mediante la instalación de tubos infrarrojos transmisor y el tubo receptor por separado en cada lado de la carretera. Cuando un automóvil pasa a través del área de detección, el detector puede juzgar con

precisión y rapidez la existencia de los vehículos y registrar el volumen de tráfico. Con la programación del sistema de detección se obtienen ventajas como: bajo consumo de energía, bajo costo, baja complejidad y alta eficiencia [9].

Gul Shahzad, Arbab Waheed Ahmad, Heekwon Yang, Chankil Lee en su artículo científico titulado “SENSOR FUSION BASED ENERGY EFFICIENT AND SUSTAINABLE SMART PARKING SYSTEM” proponen un sistema inteligente de aparcamiento eficiente, que integra las técnicas de: reconocimiento de imágenes para la placa de matrícula, sensor infrarrojo para control de grupo y sensor inalámbrico (WSN) para iluminación inteligente de diodos emisores de luz (LED). Está construido con ZigBee y basado en Redes Inalámbricas tipo malla basado en (WMN) equipados con el sensor de imagen y módulo RF. Los vehículos en el estacionamiento son detectados y reconocidos a través de un algoritmo. El sistema propuesto presenta un ahorro sustancial de energía, contribución para la preservación del medio ambiente e incremento de seguridad vehicular [10].

Fengli Zhou, Qing Li, Wuhan en su artículo científico titulado “PARKING GUIDANCE SYSTEM BASED ON ZIGBEE AND GEOMAGNETIC SENSOR TECHNOLOGY” desarrollan una guía de aparcamiento inteligente basado en la red ZigBee y sensores geomagnéticos. La posición del vehículo en tiempo real y la información del tráfico en Xian Ning, China fueron recolectados por sensores geomagnéticos alrededor de estacionamientos y actualizadas al servidor central a través de la red ZigBee. A través de LCD de exteriores controladas por el servidor central muestran información de lugares de estacionamiento disponibles. Los resultados experimentales demuestran que la detección exacta de distancia de los sensores geomagnéticos fue de 0,4 m, y la menor tasa de pérdida de paquetes de la red inalámbrica está en el rango de 150 m es 0%, considerándose como una solución óptima para el servicio de estacionamiento en ciudades inteligentes [11].

En los registros de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato se encontró:

Paola Belén Segovia Toscano en su trabajo de investigación titulado “SISTEMA ELECTRÓNICO DE ASIGNACIÓN DE ESTACIONAMIENTOS PARA EL CENTRO COMERCIAL POPULAR EL SALTO” presenta un prototipo de sistema de asignación de parqueadero automático del Centro Comercial Popular “El Salto” en la ciudad de Latacunga. Utiliza una tarjeta Arduino UNO con un microcontrolador, que procesa la información proveniente del pulsador de ingreso y compara el valor con los sensores ultrasónicos de cada lugar de parqueo, en tiempo real, para luego direccionar la información utilizando módulos de comunicación encapsulados con tecnología ZigBee. Presenta al usuario la ruta y el número de estacionamiento asignado en una interfaz gráfica desarrollada en Visual Basic [12].

Wilson German Pérez Nata en su trabajo de investigación titulado “APLICACIÓN WEB PARA LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS DISPONIBLES DE PARQUEO EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO CAMPUS HUACHI CHICO” permite al usuario tener información sobre un lugar libre dentro de la institución para estacionar su vehículo. Mediante indicadores electrónicos y nuevas metodologías de creación de software MVC, utilización de JavaScript, Ajax, Css brinda al usuario la optimización del tiempo al buscar un lugar disponible y la administración de los espacios del parqueadero de la institución por el personal encargado [13].

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Sistema de Parqueo Inteligente

Los sistemas de parqueo inteligente tienen como objetivo ayudar a los conductores a encontrar plazas de aparcamiento de manera eficiente a través de tecnologías de la información y comunicaciones, permitiendo optimizar el uso de estacionamientos en un determinado espacio a través de la reducción de vehículos mal parqueados, convirtiéndose en una primera solución para aliviar la congestión vehicular en ciudades [14], [15].



Figura 2.1: Esquema general del Sistema de Parqueo Inteligente [14].

Un sistema de parqueo inteligente como se muestra en la Figura 2.1 en general, está formado por un sistema electrónico para el control de las plazas de parqueo, un centro de datos para el procesamiento de la información y un sistema de información o guía de usuario [14], [15].

Los estacionamientos en las calles surgieron como una necesidad de las personas de parquear su vehículo para poder realizar diversas actividades. En un principio, estos carecían de cualquier tipo de diseño, y no eran controlados de ninguna manera, las personas únicamente parqueaban su vehículo en cualquier vía al costado de las veredas. Con el pasar del tiempo, el número de vehículos en las calles empezó a aumentar y el espacio para parqueo se volvía cada vez más escaso, generando mayor congestión; debido a que el número de carriles, así como el ancho de la calzada disponible para transitar, se veía reducido como consecuencia de los vehículos estacionados. Por tal razón, se adoptaron nuevos sistemas que controlan el tiempo de permanencia de los vehículos en un determinado lugar del estacionamiento en una delimitación en las calles céntricas de la ciudad con un determinado precio por el tiempo de uso [15].

Existen tres tipos de estacionamiento en la calle [15]:

- Estacionamiento público, que puede ser pagado o gratis
- Estacionamiento exclusivo, que consiste en paradas de buses, paraderos de taxis y sitios de carga y descarga
- Estacionamiento prohibido, que corresponde a aquellos lugares donde ningún vehículo debe estacionarse.

2.2.2 Sistema Electrónico

Un sistema electrónico digital es aquel que realiza un proceso sobre un conjunto de datos de entrada y produce una información de salida como resultado de aplicar un algoritmo de proceso determinado [16].

Un sistema electrónico de comunicaciones tiene como objetivo transmitir información de un lugar a otro, consiste en la emisión, recepción y procesamiento de información entre dos o más lugares. La información a transmitir es convertida a energía electromagnética antes de ser propagada a través de un sistema electrónico de comunicaciones que integra un emisor y receptor que son conjuntos de dispositivos y circuitos electrónicos [17].

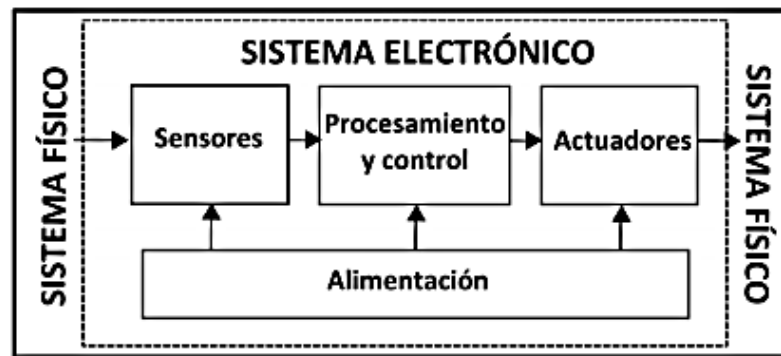


Figura 2.2: Sistema Electrónico [16].

En la Figura 2.2 se detalla los elementos de un sistema electrónico que a través de sensores obtienen información del mundo físico externo y la transforman en una señal eléctrica manipulada por la circuitería interna de control y proceso para que los actuadores la transformen en energía (eléctrica, mecánica o hidráulica) que actúa directamente sobre el mundo físico externo [18].

En los siguientes apartados se describe los bloques que constituyen un sistema electrónico:

Sensores

El sensor es un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de una variable física medida que determina una acción externa. Los sensores entregan señales eléctricas a la salida, ya sean analógicas o digitales dependiendo del dominio físico requerido [19], [20].

Clasificación de los sensores:

Los sensores pueden clasificarse por el principio de transducción y por el tipo de variable medida [20].

a) Por el principio de transducción.

El principio de transducción es el fundamento físico sobre el cual se asienta la conversión de una magnitud física. La clasificación de los sensores por los principios de transducción se muestra en la Figura 2.3 [20]:

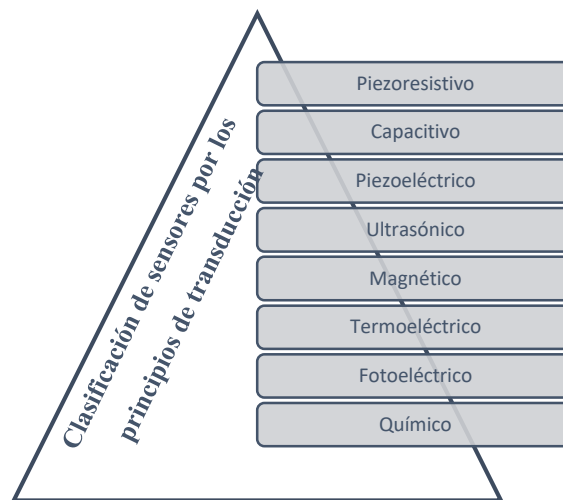


Figura 2.3: Clasificación de sensores por los principios de transducción [20].

b) Por el tipo de variable medida.

Un mismo sensor puede ser utilizado para la medición de distintas variables físicas y solo depende del tipo de configuración en que se coloque y cómo se interprete la señal de salida del mismo, La clasificación de los sensores por el tipo de variable física a medir se muestra en la Figura 2.4 [20].

Clasificación de los sensores según la variable física a medir.								
De posición, velocidad y aceleración	De nivel y proximidad	De humedad y temperatura	De fuerza y deformación	De flujo y presión	De color, luz y visión	De gas y pH	Biométricos	De corriente

Figura 2.4: Clasificación de sensores por el tipo de variable medida [20].

En la clasificación de sensores por la variable física a medir se tiene:

Sensores de luz infrarroja

Los sensores de luz infrarroja son dispositivos que producen en el circuito una circulación de corriente proporcional cuando es excitado por la luz. Se utilizan en sensores de presencia, auxiliares de contadores en líneas de producción, cronómetros, etc. [18].

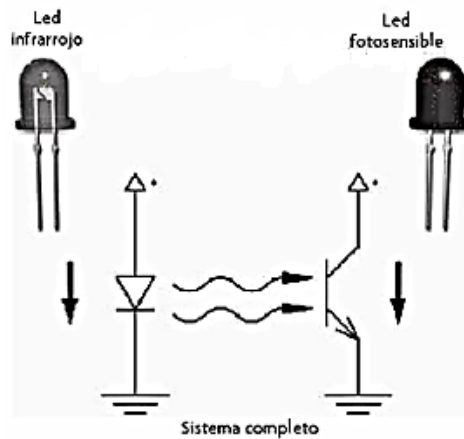


Figura 2.5: Arquitectura del esquema básico para sensores de presencia o distancia [18].

La Figura 2.5 detalla la arquitectura de un esquema básico para sensores de presencia o distancia y está constituido por un LED infrarrojo (IRLED) es el diodo emisor de luz infrarroja y un LED fotosensible que detecta la presencia o ausencia del haz de luz que emite el IRLED , el tipo de luz se encuentra fuera del espectro visible para el ojo humano [18].

Existen diversas configuraciones del IRLED que permiten medir la presencia de un objeto como indica la Figura 2.6 [18]:

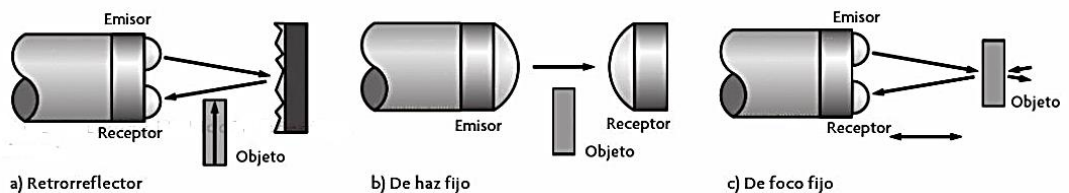


Figura 2.6: Configuraciones para el par emisor-receptor [18].

- El literal a) de la Figura 2.6 muestra la configuración de un Retrorreflector, caracterizado por un objeto que refleja el haz de la fuente de luz produciendo un cambio de intensidad en la señal que genera el receptor, de esta forma se detecta la presencia de un objeto. Esta configuración se caracteriza por tener un objeto auxiliar donde se refleja la fuente de luz.
- El literal b) de la Figura 2.6 muestra la configuración de Haz Fijo, en general utilizada en encoders y detectores de presencia.
- El literal c) de la Figura 2.6 muestra la configuración de Foco Fijo, en la que la intensidad de la señal registrada en el receptor depende de la proximidad del objeto al emisor, esta configuración se utiliza para medidores de distancia [18].

Los sensores de luz infrarroja utilizan elementos fotosensibles para detectar la presencia o ausencia del haz de luz y pueden ser [18]:

a) Fototransistores

Los fototransistores son los transductores entre la luz y una señal eléctrica que indica la presencia o ausencia del haz de luz. En configuraciones más especializadas, la señal eléctrica emitida por dicho sensor indica la distancia entre el emisor de luz y cierto objeto, así como cambios en la superficie reflectante. Un fototransistor convierte la energía contenida en un fotón en portadores de carga, de tal manera que por cada fotón percibido se genera un par electrón-hueco, agregando a este efecto una ganancia en corriente. La Figura 2.7 detalla el esquema eléctrico de los fototransistores tienen dos terminales, el emisor y el colector, pero en estos debido a que la base ha sido sustituida por un elemento fotosensible se presenta el efecto fotoeléctrico. La irradiación que perciba el elemento fotosensible determinará la intensidad de corriente entre el colector y el emisor del fototransistor [18].

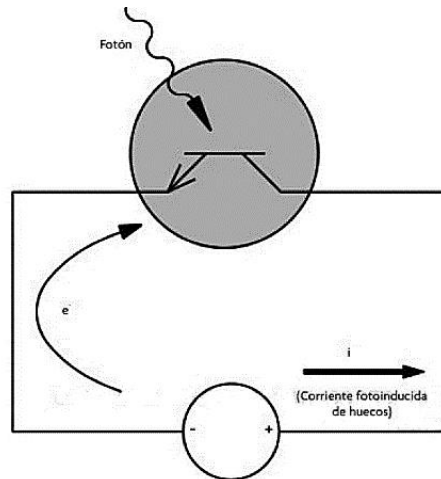


Figura 2.7: Circuito equivalente de un fototransistor [18].

b) Fotodiodos

Los fotodiodos son dispositivos ópticos semiconductores cuya principal característica es generar pares electrón-hueco a partir de la energía presente en un fotón percibido.

El principio de funcionamiento de un fotodiodo es la una unión pn [18]:

- Si la unión está polarizada en directa una corriente circulará a través del diodo; cuando el diodo se expone a la luz entonces su corriente tendrá un incremento despreciable con respecto a la corriente que circula por la unión debido a la fuente de voltaje y se comportará como un diodo común.
- Si el diodo es polarizado en inversa, la corriente de oscuridad del diodo será muy pequeña, la corriente se incrementa de manera notable; esto se debe a que los electrones generados por el efecto fotoeléctrico estarán fluyendo en dirección a la terminal positiva de la fuente de voltaje, con lo que se genera un flujo de corriente de huecos en dirección a la terminal negativa de la fuente de voltaje [18] como se muestra en la Figura 2.8.

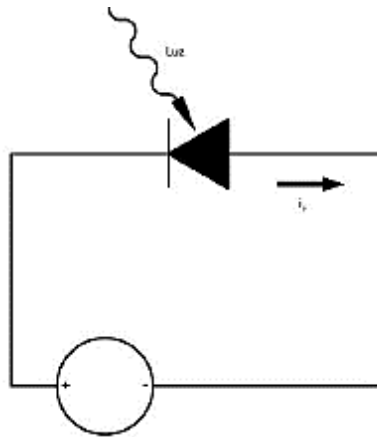


Figura 2.8: Circuito equivalente de un Fotodiodo [18].

Módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51

El módulo sensor de infrarrojo IR FC-51 es un dispositivo que detecta la presencia de un objeto mediante la reflexión que produce en la luz. Se compone de un LED emisor de luz infrarroja y de un fotodiodo (tipo BPV10NF o similar) que recibe la luz reflejada por un posible obstáculo y se abastece con una placa de medición estándar con el comparador LM393 [21], [22].

Permite obtener la lectura como un valor digital cuando se supera un cierto umbral y se regula a través de un potenciómetro ubicado en la placa con respuesta estable incluso con luz ambiente o en completa oscuridad. La cantidad de luz infrarroja recibida depende del color, material, forma y posición del obstáculo, por lo que no dispone de una precisión suficiente para proporcionar una estimación de la distancia al obstáculo, pero se lo utiliza para la detección de obstáculos en varias direcciones dentro de un perímetro [21], [22].

En el bloque de Procesamiento y control de un sistema electrónico intervienen:

Hardware libre

Hardware libre es un conjunto de especificaciones para el diseño de dispositivos electrónicos que es de público conocimiento es decir permite la libertad de uso, estudio, modificación, distribución y redistribución de las versiones modificadas del

diseño de dispositivos. Se puede clasificar el hardware libre de acuerdo a la naturaleza del diseño de dispositivos en [23]:

- Hardware reconfigurable. - Cuya estructura puede configurarse mediante software (lógica programable).
- Hardware estático. - Ideado para funcionar en un solo sentido o para una sola función.

Hardware reconfigurable

Son considerados hardware reconfigurable:

a) Arduino

Arduino es una placa de hardware libre que incorpora un microcontrolador reprogramable Atmel AVR que soporta la entrada y salida de señales tanto analógicas como digitales que son transformados en instrucciones para construir sistemas que perciben la realidad y responden con acciones físicas a través de un entorno de desarrollo integrado IDE [18], [23].

El Arduino es una “placa hardware” de circuito impreso (PCB) fabricadas de un material no conductor sobre las cuales aparecen pistas de material conductor para conectar electrónicamente diferentes componentes soldados en ella. [18].

Características de los modelos de Arduino

Existen varias placas de Arduino oficiales cada una con diferentes características como: el tamaño físico, el número de pines-hembra el modelo del microcontrolador incorporado y la capacidad de almacenamiento. Los distintos modelos de placas de Arduino son detallados en la Tabla 2.1 [24]:

Tabla 2.1: Características de las placas Arduino y Genuino [24].

Nombre	Procesador	Voltaje de operación	Velocidad del CPU	Analógicas In/Out	Digitales IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
101	Intel® Curie	3.3 V / 7-12V	32MHz	6/0	14/4	-	24	196	Regular	-
Gemma	ATtiny85	3.3 V / 4-16 V	8 MHz	1/0	3/2	0.5	0.5	8	Micro	0
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
LilyPad SimpleSnap	ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3 V / 3.8-5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
Mega 2560	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
MKR1000	SAMD21 Cortex-M0+	3.3 V / 5V	48MHz	7/1	8/4	-	32	256	Micro	1
Pro	ATmega168 ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	-	1
Pro Mini	ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	-	1
Uno	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1

<u>Zero</u>	ATSAMD21G18	3.3 V / 7-12 V	48 MHz	6/1	14/10	-	32	256	2 Micro	2
<u>Due</u>	ATSAM3X8E	3.3 V / 7-12 V	84 MHz	12/2	54/12	-	96	512	2 Micro	4
<u>Esplora</u>	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	-	-	1	2.5	32	Micro	-
<u>Ethernet</u>	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/4	1	2	32	Regular	-
<u>Leonardo</u>	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
<u>Mega ADK</u>	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
<u>Mini</u>	ATmega328P	5 V / 7-9 V	16 MHz	8/0	14/6	1	2	32	-	-
<u>Nano</u>	ATmega168 ATmega328P	5 V / 7-9 V	16 MHz	8/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	Mini	1
<u>Yún</u>	ATmega32U4 AR9331 Linux	5 V	16 MHz 400MHz	12/0	20/7	1	2.5 16MB	32 64MB	Micro	1
<u>Arduino Robot</u>	ATmega32u4	5 V	16 MHz	6/0	20/6	1 KB 512 Kbit	2.5 KB	32 KB 4 KB	1	
<u>MKRZero</u>	SAMD21	3.3 V	48 MHz	7 /1	22/12	No	32 KB	256 KB	1	1

b) Raspberry Pi

El Raspberry Pi es un micro ordenador o una placa de computadora SBC (Single Board Computer). Son sistemas embebidos en las que se integran todos o la gran mayoría de los elementos que componen a un computador funcional.

Este Hardware libre es de bajo costo y fue desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi. Tiene dimensiones de 8.5 por 5.3 cm con un micro procesador ARM con potencia de hasta 1GHz, integrado en un chip Broadcom BCM2835, cuenta con 512 MB de RAM y un GPU Videocore IV [25].

Características de los modelos de Raspberry Pi

Existen varias modelos oficiales de Raspberry Pi cada una con diferentes características que están detalladas en la Tabla 2 [25]:

Tabla 2.2: Especificaciones Técnicas de los modelos Raspberry Pi [25].

	RPIModel A	RPIModel A+	RPIModel B	RPIModel B+	RPI2Model B
SoC	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2835	BROADCOM BCM2836
CPU	ARM11 ARMV6 700MHZ	ARM11 ARMV6 700MHZ	ARM11 ARMV6 700MHZ	ARM11 ARMV6 700MHZ	ARM11 ARMV7 ARMCORTEX-A7 4NÚCLEOS900 MHZ
GPU	BROADCOM VIDEOCOREIV 250MHZ.OPENGL ES20	BROADCOM VIDEOCOREIV 250MHZ.OPENGL ES20	BROADCOM VIDEOCOREIV 250MHZ.OPENGL ES20	BROADCOM VIDEOCOREIV 250MHZ.OPENGL ES20	BROADCOM VIDEOCOREIV 250MHZ.OPENGL ES20
Memoria RAM	256MB LPDDR SDRAM 400MHZ	256MB LPDDR SDRAM 400MHZ	512MB LPDDR SDRAM 400MHZ	512MB LPDDR SDRAM 400MHZ	1GB LPDDR2 SDRAM 450MHZ
Puertos USB	1	1	2	4	4
GPIO	26 PINES	40 PINES	26 PINES	40 PINES	40 PINES
Vídeo	HDMI 1.4 1920X1200	HDMI 1.4 1920X1200	HDMI 1.4 1920X1200	HDMI 1.4 1920X1200	HDMI 1.4 1920X1200
Ethernet 10/100MBPS	No	No	Si	Si	Si
Tamaño	85,60X56,5 MM	65X56,5 MM.	85,60X56,5 MM	85,60X56,5 MM	85,60X56,5 MM
Peso en g.	45	23	45	45	45
Precio	\$ 36. ⁹⁸	\$ 36. ⁹⁸	\$ 43. ¹⁵	\$ 49. ³³	\$ 49. ³³

Software libre

El software libre es un entorno de desarrollo que establece criterios que implican la libertad del usuario para copiar, distribuir, modificar y mejorar un determinado programa. Las libertades esenciales son [23]:

- **Libertad 0:** Ejecutar programa para cualquier propósito
- **Libertad 1:** Estudiar cómo funciona el programa y cambiarlo para que haga lo que uno desea.
- **Libertad 2:** Redistribuir copias para ayudar al prójimo.
- **Libertad 3:** Distribuir copias de sus versiones modificadas a terceros para ofrecer a toda la comunidad la oportunidad de beneficiarse con las modificaciones.

La libertad de ejecutar un programa significa que cualquier persona u organización es libre de usarlo en cualquier tipo de sistema y con cualquier propósito [23].

Para modificar o desarrollar un programa es necesario conocer los lenguajes y entornos de programación descritos a continuación:

Lenguajes y Entornos de Programación

El lenguaje de programación es un idioma artificial diseñado para expresar instrucciones como medio de comunicación entre el programador y la máquina, partiendo de algoritmos preestablecidos que son acciones consecutivas que el ordenador debe ejecutar [18], [26].

Un entorno de programación es una interfaz que contiene tareas (edición del programa, compilación, enlazado, ejecución y depuración) necesarias para el desarrollo de un programa o aplicación. Los entornos de programación pueden incorporar numerosas herramientas, utilidades, aplicaciones ya desarrolladas, ejemplos y tutoriales [27] [28].

Existen distintos tipos de lenguajes y entornos de programación dedicados a un fin específico, en la Tabla 2.3 se detalla los lenguajes de programación con su respectiva descripción y en la Tabla 2.4 se describen distintos entornos de programación [27], [28].

Tabla 2.3: Lenguajes de programación [27], [28].

Lenguaje de Programación	Descripción
<i>HTML</i>	Lenguaje con el que se crean las páginas web, básicamente es un conjunto de etiquetas que sirven para definir el texto y otros elementos en las páginas web. HTML significa HyperText Markup Lenguaje («lenguaje de marcas de hipertexto»).
<i>SQL</i>	Este lenguaje está creado para realizar consultas a bases de datos principalmente. SQL son las siglas de Structured Query Lenguaje (Lenguaje estructurado de consultas) y se utiliza para páginas web y también para aplicaciones de ordenadores (Introducir datos, actualizar datos, eliminar o seleccionar datos)
<i>JAVASCRIPT</i>	Lenguaje utilizado para crear pequeños programas encargados de realizar acciones y dar interactividad dentro de una web como por ejemplo para crear efectos especiales, para definir interactividades con los usuarios, efectos de textos.
<i>C#</i>	lenguaje de programación orientado a objetos fue desarrollado en el año 2000 por Microsoft para ser empleado en una amplia gama de aplicaciones empresariales ejecutadas en el framework .NET. Es una evolución del C y C++ que se destaca por su sencillez y modernidad.
<i>XML</i>	Lenguaje de etiquetas como el HTML, pero a diferencia de éste, el lenguaje XML separa el contenido de la presentación, es decir, XML se preocupa del significado del texto que define el HTML. Te da el dato más el significado de ese dato, mientras que el HTML te da el dato nada más. El XML es un complemento fundamental al HTML.
<i>PHP</i>	El PHP es un lenguaje de programación similar al HTML que sirve fundamentalmente para páginas web y se puede combinar con el lenguaje HTML. Creado con la intención de contar con un conjunto de herramientas para el mantenimiento de las páginas web.

Tabla 2.4: Entornos de programación [27], [28].

Entorno de Programación	Descripción
<i>VISUAL STUDIO</i>	Visual Studio es un conjunto completo de herramientas de desarrollo para la generación de aplicaciones web ASP.NET, Servicios Web XML, aplicaciones de escritorio y aplicaciones móviles, basado en componentes para crear aplicaciones eficaces y de alto rendimiento.
<i>ADOBE DREAMWEAVER</i>	Es el software de desarrollo web líder en la industria del diseño, que permite crear y mantener desde sitios web básicos hasta aplicaciones avanzadas, compatibles con las mejores prácticas y las últimas tecnologías digitales.
<i>ANDROID STUDIO</i>	Android Studio proporciona las herramientas más rápidas para crear apps en todas las clases de dispositivos Android. La edición de códigos de primer nivel, la depuración, las herramientas de rendimiento, un sistema de compilación flexible y un sistema instantáneo de compilación e implementación para crear aplicaciones únicas y de alta calidad

2.2.3 Sistemas de Telecomunicación por Radiofrecuencia

Los sistemas de telecomunicación por radiofrecuencia (RFID) son utilizados en la industria para identificar individualmente cada uno de los elementos que se encuentran en el campo de detección de una antena receptora. En los sistemas de telecomunicación es usual la representación en el dominio de frecuencia ya que proporciona información sobre el ancho de banda en que está contenida la energía de la señal. En los últimos años han sufrido una vertiginosa evolución con gran impacto en el usuario final. Las comunicaciones vía satélite, la difusión de radio y televisión digital, las aplicaciones en telefonía móvil o las tecnologías inalámbricas de transmisión de datos son aplicaciones que conviven de forma habitual con nuestra vida diaria [29].

a) Espectro radioeléctrico

El espectro de frecuencias radioeléctricas es el conjunto de ondas radioeléctricas cuya frecuencia está comprendida entre 3 KHz y 3 GHz. Internacionalmente, se ha dividido todo el espectro de frecuencia en las denominadas bandas de frecuencia [30].

Tabla 2.5: Clasificación de las bandas de frecuencia [30].

DENOMINACIÓN	SIGLAS	MARGEN DE FRECUENCIAS
Frecuencias muy bajas	VLF	3 - 30 KHz
Frecuencias bajas	LF	30 - 300 KHz
Frecuencias medias	MF	300 - 3000 KHz
Frecuencias altas	HF	3 - 30 MHz
Frecuencias muy altas	VHF	30- 300 MHz
Frecuencias ultra altas	UHF	300 - 3000 MHz
Frecuencias súper altas	SHF	3 - 30 GHz
Frecuencias extra altas	EHF	30 - 300 GHz

La Tabla 2.5 contiene la clasificación de las bandas de frecuencia en donde las bandas de frecuencia más bajas se reservan para las emisoras que transmiten en AM. Mientras que las de FM transmiten sobre los 100 MHz [30].

Las ondas electromagnéticas se caracterizan por su frecuencia y su longitud de onda. En frecuencias de microondas, se utilizan las denominaciones de bandas L, C, S, X

que provienen de los primeros tiempos del radar. Los rangos de frecuencia y de longitudes de onda se detallan en la Tabla 2.6 [30].

Tabla 2.6: Bandas de frecuencias de microondas [30].

BANDA	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima	λ máxima	λ mínima
L	1 GHz	2 GHz	30 cm	15 cm
S	2 GHz	4 GHz	15 cm	7.5 cm
C	4 GHz	8 GHz	7.5 cm	3.75 cm
X	8 GHz	12.4 GHz	3.75 cm	2.42 cm
Ku	12.4 GHz	18 GHz	2.42 cm	1.66 cm
K	18 GHz	26.5 GHz	1.66 cm	11.1 mm
Ka	26.5 GHz	40 GHz	11.1 mm	7.5 mm
mm.	40 GHz	300 GHz	7.5 mm	1 mm

En frecuencias superiores, se encuentra la parte del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo, visible y ultravioleta. En frecuencias superiores se encuentra los rayos X y los rayos Gamma, de energía mayor y de longitudes de onda más reducidas cuyos valores se detallan en la Tabla 2.7 [30], [31].

Tabla 2.7: Banda de frecuencias superiores [30].

BANDA	DENOMINACIÓN	Frecuencia mínima	Frecuencia máxima	λ máxima	λ mínima
	Región submilimétrica	300 GHz	800 GHz	1 mm	0.4 mm
IR	Infrarrojo	800 GHz	400 THz	0.4 mm	0.8 μ m
V	Visible	400 THz	7500 THz	0.8 μ m	0.4 μ m
UV	Ultravioleta	750 THz	10 000 GHz	400 nm	12 nm

b) Transceptor de Radiofrecuencia

Un transceptor de Radiofrecuencia es un dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor que comparten parte de la circuitería o se encuentran dentro de la misma caja. Cuando el transmisor y el receptor no tienen en común partes del circuito electrónico se conoce como transmisor-receptor [32].

En el siguiente apartado se describe un transceptor de radiofrecuencia:

Transceptor NRF24L01

El transceptor NRF24L01 que se muestra en la Figura 2.9 opera en la banda de 2.4 GHz de la compañía Nordic Semiconductor, incluye circuitería tanto de PA (preamplificador) como de LNA (Low-noise amplifier), con la antena externa puede alcanzar distancias más grandes que las versiones normales. Es similar al nRF2401+ e incorpora adicionalmente extra pipelines, buffers, y un modo de auto retransmisión [33].



Figura 2.9: Transceptor NRF24L01 [33].

2.2.4 Centro de Datos

Para la administración de la información obtenida mediante un sistema electrónico se puede utilizar:

Xampp

Xampp es un entorno de desarrollo del lenguaje PHP, que incluye un servidor web, consiste principalmente en la base de datos MySQL, el servidor Web Apache y los intérpretes para lenguajes de script: PHP y Perl. El nombre proviene del acrónimo de X (para cualquiera de los diferentes sistemas operativos), Apache, MySQL, PHP, Perl. El programa está liberado bajo la licencia GNU y actúa como un servidor Web libre, fácil de usar y capaz de interpretar páginas dinámicas [34].

a) Servidor web Apache

El servidor web Apache es un servidor web HTTP de código abierto para la creación diseñado para transferir datos de hipertexto, es decir, páginas web con todos sus elementos (textos, widgets, banners, etc). Es un servidor multiplataforma, gratuito, muy robusto y que destaca por su seguridad y rendimiento [35].

b) MySQL

MySQL es un sistema de base de datos distribuido utilizado en la web y respaldado por Oracle Corporation. Se ejecuta en un servidor donde los datos se almacenan en tablas que constituyen una colección de datos relacionados, y consta de columnas y filas, empleados para almacenar información categóricamente [36].

2.2.5 Simulación de redes

Los simuladores de redes son aquellos que intentan recrear el entorno utilizando modelos teóricos, como ecuaciones físicas, fórmulas matemáticas o el comportamiento de una máquina. Los simuladores de redes deben permitir la parametrización para probar diferentes escenarios con respecto a variables como el medio, las tecnologías, los protocolos y la movilidad, son capaces de simular las diversas capas de la pila OSI, desde la capa física a la capa de aplicación además de contribuir con el desarrollo de prototipos y sistemas de una manera más ágil y sin la necesidad de implementarlos físicamente [37].

Características principales de los simuladores de redes [38]:

- Presentación de resultados de simulación durante el tiempo de ejecución.
- Ejecución paso a paso.
- Visualización de los mensajes programados en una ventana independiente.
- Examen y modificación de objetos y variables mediante las ventanas de inspección.
- Ventanas independientes para la salida de cada módulo.

La Figura 2.9 detalla una simulación de red conformada por módulos. Los módulos pueden ser simples, o compuestos (formado por varios módulos simples), estos se

conectan a través de gates y se comunican mediante paso de mensajes, donde llevan estructuras de datos arbitrarios [39].

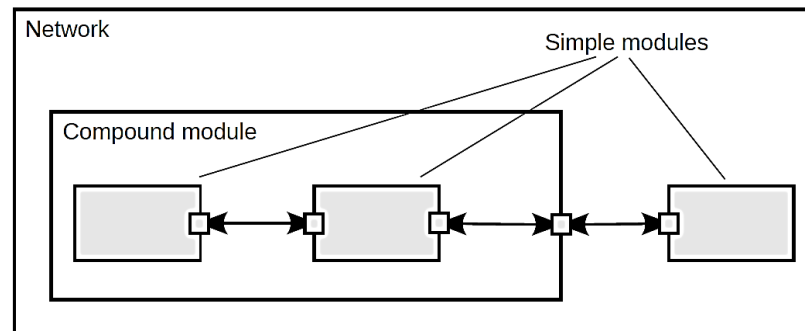


Figura 2.10: Red, módulos simples y compuestos [39].

2.2.6 Sistemas de Control y Gestión

Los sistemas de control y gestión interrelacionan de manera dinámica un conjunto de elementos organizados en función de un objetivo, como medio para alcanzar dicho objetivo utilizan un proceso en el cual se modifica algún aspecto para que alcance el desempeño deseado en el sistema de control y gestión. La finalidad del proceso de control es hacer que el sistema de control y gestión se encamine completamente hacia sus objetivos, mientras que la gestión es la dirección de las acciones que contribuyen a tomar decisiones orientadas a alcanzar los objetivos trazados, medir los resultados obtenidos, para finalmente, orientar la acción hacia la mejora permanente del objetivo [40].

Un sistema de control y gestión debe servir de guía para alcanzar eficazmente los objetivos planteados con el mejor uso de los recursos disponibles (técnicos, humanos, financieros, etc.). Por ello se puede definir el control de gestión como un proceso de retroalimentación de información de uso eficiente de los recursos disponibles de una entidad para lograr los objetivos planteados [40].

Entre las etapas principales que se llevan a cabo para realizar un control de gestión eficiente dentro de la organización se establece en [40]:

- Fijar normas de rendimiento y estándares. – El fijar normas de rendimiento y estándares es la primera etapa de control que establece y documenta normas,

procesos, actividades, tareas, programas, presupuestos, procedimientos, plan de gestión y estándares o criterios de evaluación o comparación. Define un estándar como aquella norma o criterio que sirve de base para evaluar o comparar alguna cosa.

- Evaluación o medición del desempeño. – La evaluación o medición del desempeño es la segunda etapa del control y tiene como fin evaluar el proceso. Se establece con la implementación de indicadores financieros y de gestión.
- Comparación del desempeño con el estándar establecido. – En la comparación del desempeño con el estándar establecido se compara el desempeño con el estándar para verificar si hay desvío o variación. Se busca algún error o falla en relación con el desempeño esperado.
- Acción correctiva. – La Acción correctiva es la última etapa del control en donde se corrige el desempeño para adecuarlo al estándar esperado. La acción correctiva siempre es una medida de corrección y adecuación de algún desvío o variación en relación con el estándar esperado [40].

2.3 Propuesta de solución

El prototipo electrónico de gestión y control del SIMTEL sistematizará la utilización, seguimiento y cumplimiento de la ordenanza que regula el espacio público como lugar de parqueo; además permitirá a los usuarios encontrar rápidamente un lugar de estacionamiento. El prototipo a implementar podría ser tomado como referencia para una futura implementación en diferentes ciudades que manejan un semejante sistema rotativo tarifado de estacionamiento.

CAPÍTULO III

Metodología

3.1 Modalidad de la investigación

El proyecto de investigación es de campo aplicado, ya que para su desarrollo se utilizó los conocimientos adquiridos en el proceso de formación superior en la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, con un mayor enfoque en técnicas de diseño de circuitos digitales y a aplicación de protocolos de comunicación orientados a comunicaciones avanzadas.

La información fue obtenida con la investigación bibliográfica-documental a través de proyectos de titulación, proyectos de investigación, libros, revistas, artículos científicos destacados en los repositorios físicos y virtuales de la Universidad Técnica de Ambato requeridos como guía en el desarrollo de aplicaciones y creación del prototipo.

Además, con la investigación experimental se obtuvo recursos e información necesarios para el desarrollo tanto del prototipo como de las aplicaciones para usuarios y agentes beneficiarios.

3.2 Recolección de información

La recolección de información se obtuvo mediante la apertura brindada por el Lic. Marco Molina Jefe del SIMTEL, además de fuentes bibliográficas y repositorios en línea existentes en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

3.3 Procesamiento y análisis de datos

Adquirida la información proporcionada por el jefe del SIMTEL se realizó un análisis de los puntos de interés necesarios para realizar el diseño del prototipo del sistema electrónico de gestión y control satisfaciendo necesidades tanto para el usuario como para administrativos, basándose en el desenvolvimiento y cumplimiento de las normativas de trabajo que exige el SIMTEL.

3.4 Desarrollo del proyecto

Para obtener el sistema electrónico de gestión y control se aplicaron las siguientes actividades:

- Recolección de información del funcionamiento actual del SIMTEL.
- Estudio de campo y recolección de información de las necesidades de usuarios y administradores para un correcto funcionamiento del sistema.
- Análisis de las tecnologías inalámbricas y móviles convenientes para el desenvolvimiento del sistema electrónico de gestión y control.
- Determinación de elementos electrónicos compatibles con la tecnología inalámbrica para conformar el sistema electrónico de gestión y control.
- Determinación de la estructura, arquitectura, tecnología, protocolos y métodos de comunicación para el desarrollo del control del SIMTEL.
- Diseño del dispositivo electrónico y la red de sensores para obtener información del estado de los estacionamientos en tiempo real delimitados por el SIMTEL.
- Desarrollo de simulaciones del funcionamiento del prototipo.
- Determinación de configuraciones necesarias para prototipo en base a los resultados de las simulaciones.
- Desarrollo del servidor web para el control y notificación del estado de los espacios de estacionamiento.
- Integración del dispositivo electrónico y los servicios web para el funcionamiento del sistema de gestión y control del SIMTEL.
- Pruebas de funcionamiento del prototipo.
- Análisis de resultados.
- Elaboración del Informe Final

CAPÍTULO IV

Desarrollo de la propuesta

4.1 Introducción

Los sistemas de estacionamiento tarifado cubren una importante demanda de aparcamiento en centros históricos, comerciales, financieros y entornos inmediatos en distintas ciudades a nivel nacional y están íntimamente relacionados a solucionar el problema de flujo vehicular. Las principales ciudades que utilizan este sistema son Quito con 8 883 plazas de estacionamiento del sistema “Zona Azul”, Riobamba con el Sistema de Estacionamiento Rotativo Ordenado Tarifado “SEROT”, en Ambato el Sistema Municipal de Estacionamiento Rotativo Tarifado “SIMERT” con 1 300 espacios para el parqueo en 131 cuadras del centro urbe, Puyo Sistema de Estacionamiento Rotativo Ordenado y Tarifado “SEROTP”, Cuenca, Manta, Loja, Otavalo y Latacunga [41].

Por la situación actual, las ciudades que presentan un incremento vehicular y la reducción de plazas de estacionamiento es evidente, tienen la necesidad de un control más riguroso del uso de las plazas de parqueo, por lo que, la gestión y automatización de los sistemas tarifados de estacionamiento se está adoptando en distintas ciudades. El 25 de enero del 2018, la ciudad de Quito incrementó un nuevo sistema de automatización para la zona azul, mediante un dispositivo que ingresa la placa del automotor, la fecha y el número de horas que el usuario requiere para luego ser impreso. En marzo 2017, Manta reemplazó las tarjetas plásticas por tarjetas electrónicas [41], [42].

El Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento “SIMTEL” como jefatura Municipal brinda sus servicios en busca de la mejora del entorno de la ciudad de Latacunga. Para una gestión y automatización se debe adaptar el uso de la tecnología como dispositivos electrónicos para el seguimiento de los puestos de estacionamiento y entornos web para usuarios y trabajadores que serán detallados en el desarrollo del capítulo como una propuesta posible de gestión [2].

4.2 Análisis de Factibilidad

Para el análisis de factibilidad del presente proyecto de investigación se considera:

4.2.1 Factibilidad Técnica

El desarrollo del proyecto de investigación es técnicamente factible debido a que los dispositivos electrónicos utilizados para el prototipo son de fácil acceso en cualquier proveedor de dispositivos y suministros electrónicos a nivel nacional.

4.2.2 Factibilidad Bibliográfica

El proyecto de investigación tiene factibilidad bibliográfica ya que la propuesta planteada se puede sustentar en revistas científicas, libros, papers y repositorios digitales de fácil acceso en internet.

4.2.3 Factibilidad Económica

El investigador tiene la capacidad de sustentar los requerimientos económicos necesarios para el desarrollo del prototipo descrito en el presente proyecto de investigación.

4.3 Estructura Funcional del SIMTEL

El SIMTEL es una dependencia municipal de la ciudad de Latacunga direccionada a la oferta permanente y continua de espacios destinados para estacionamiento vehicular. Su objetivo es dar oportunidad a todos los vehículos que recorren la zona céntrica de la ciudad a encontrar un lugar de estacionamiento a través del correcto uso de la zona azul por parte de los usuarios.

Según el criterio de Marco Molina Jefe del SIMTEL quien asegura que: “*Los usuarios hacen mal uso de los espacios de parqueo, ubicándose en sitios no autorizados donde el espacio es señalizado con pintura amarilla o blanca, sobre aceras, paradas de bus, de taxis o camionetas*”, los usuarios deben adaptarse y hacer un correcto uso del sistema de estacionamiento tarifado.

La jefatura del SIMTEL está integrado por 37 miembros. Jefe es la persona encargada de la administración, toma de decisiones, disposiciones al personal e interacción con el Municipio. Inspectores tienen a su cargo el control del personal, repartición de tarjetas y la solución de problemas. Centralistas encargadas de cobrar multas, ingresar al sistema las placas y el manejo de la radio base. Recaudador reúne el total de multas, sanciones y tarjetas. Secretaria con funciones de oficina y trámites necesarios. Motorizados que realizan el recorrido del sistema y encargados de la inmovilización de vehículos mediante candados. Controladores recorren la zona tarifada dividida en rutas para verificar los vehículos con las respectivas tarjetas, notificar sanciones e interacción con el usuario. En la Figura 4.1 se detalla la jerarquía de la Jefatura del SIMTEL.



Figura 4.1: Estructura de la Jefatura del SIMTEL.
Elaborado por: Investigador

4.4 Ordenanza que regula SIMTEL

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Latacunga dispone una nueva Ordenanza que regula el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento. Los artículos más importantes se resume en los siguientes apartados [2]:

a) Horarios de funcionamiento

El tiempo máximo de estacionamiento continuo será de dos horas. Los usuarios deben emplear como medio la tarjeta prepago y/o el sistema tecnológico municipal que se implementare, en horarios de lunes a viernes de 08h00 a 18h00 y sábados de 08h00 a 19h00.

b) Lugares para adquirir las tarjetas de estacionamiento

La tarjeta de pago estará a disposición de los usuarios a través de los inspectores, controladores y motociclistas del SIMTEL; además, en dependencias municipales y locales comerciales que tengan RUC.

c) Inmovilización de vehículos

El vehículo será inmovilizado cuando se ha concluido el tiempo autorizado en la tarjeta de estacionamiento. La Figura 4.2 describe la escala de multas en función del tiempo excedido:

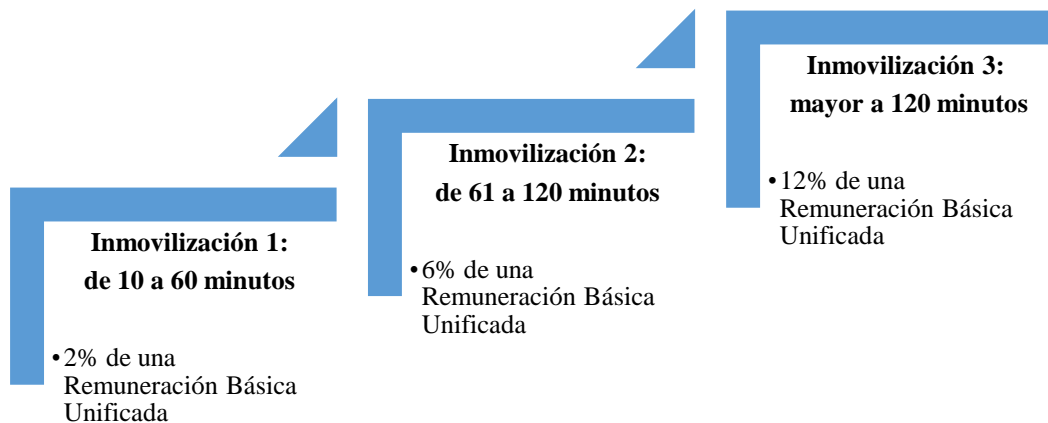


Figura 4.2: Escala de multas en función del tiempo [2].

Elaborado por: Investigador

El vehículo será inmovilizado cuando se encuentre estacionado [2]:

- En vías para circulación y paradas del transporte público urbano
- Obstruyendo la circulación vehicular
- En el costado opuesto del área de estacionamiento autorizada

- En doble columna del área de estacionamiento autorizada
- Ocupando lugares no autorizados tales como: veredas, parterres, zonas de seguridad peatonal, ingreso a garajes, parada de las cooperativas de camionetas y taxis, espacios destinados para personas discapacitadas.

Concluida la jornada de funcionamiento del SIMTEL, si un vehículo inmovilizado no ha sido retirado por su conductor, será retirado al patio de custodia hasta que su dueño presente el comprobante de pago equivalente a 20% del salario básico más el costo de la grúa o plataforma.

d) Uso incorrecto de tarjetas del SIMTEL

La Figura 4.3 describe la multa que deberá ser cancelada cuando el usuario ha cometido las siguientes faltas:

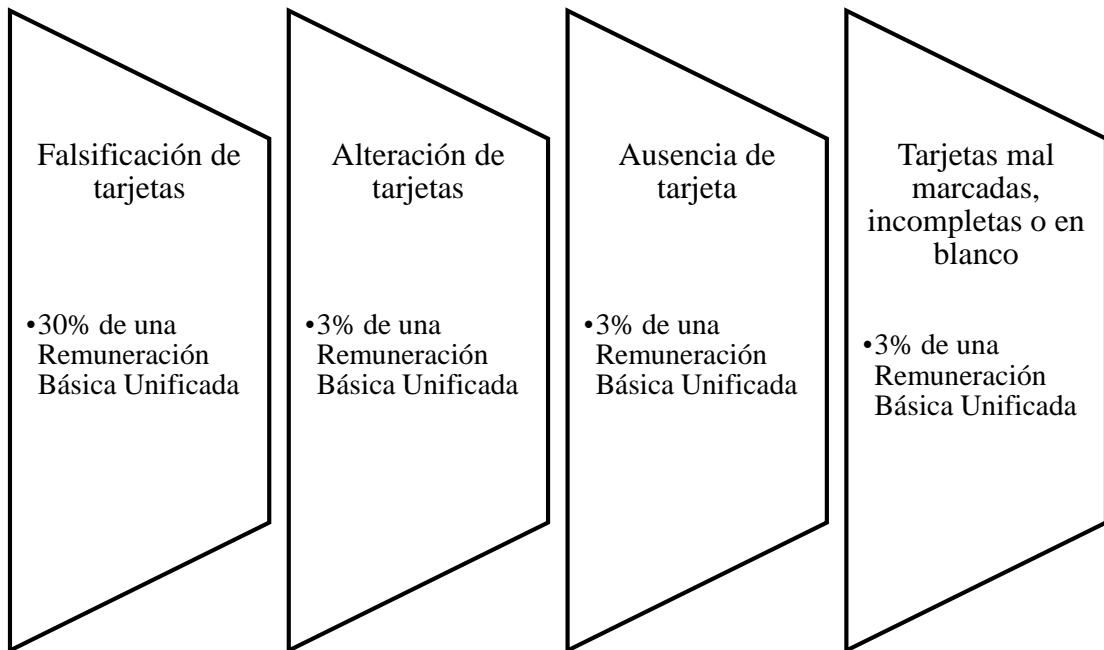


Figura 4.3: Uso incorrecto de tarjetas de estacionamiento [2].

Elaborado por: Investigador

4.5 Estudio del funcionamiento actual del SIMTEL

Según el estudio realizado para el presente trabajo el personal del SIMTEL inicia su labor a las 8 de la mañana en donde controladores, motorizados e inspectores se presentan en la oficina ubicada en el edificio de la Dirección de Desarrollo Social GAD

Municipal de Latacunga en la calle Marquez de Maenza y Santiago Zamora para registrar asistencia.

La Figura 4.4 detalla el diagrama de flujo del proceso de utilización del SIMTEL:

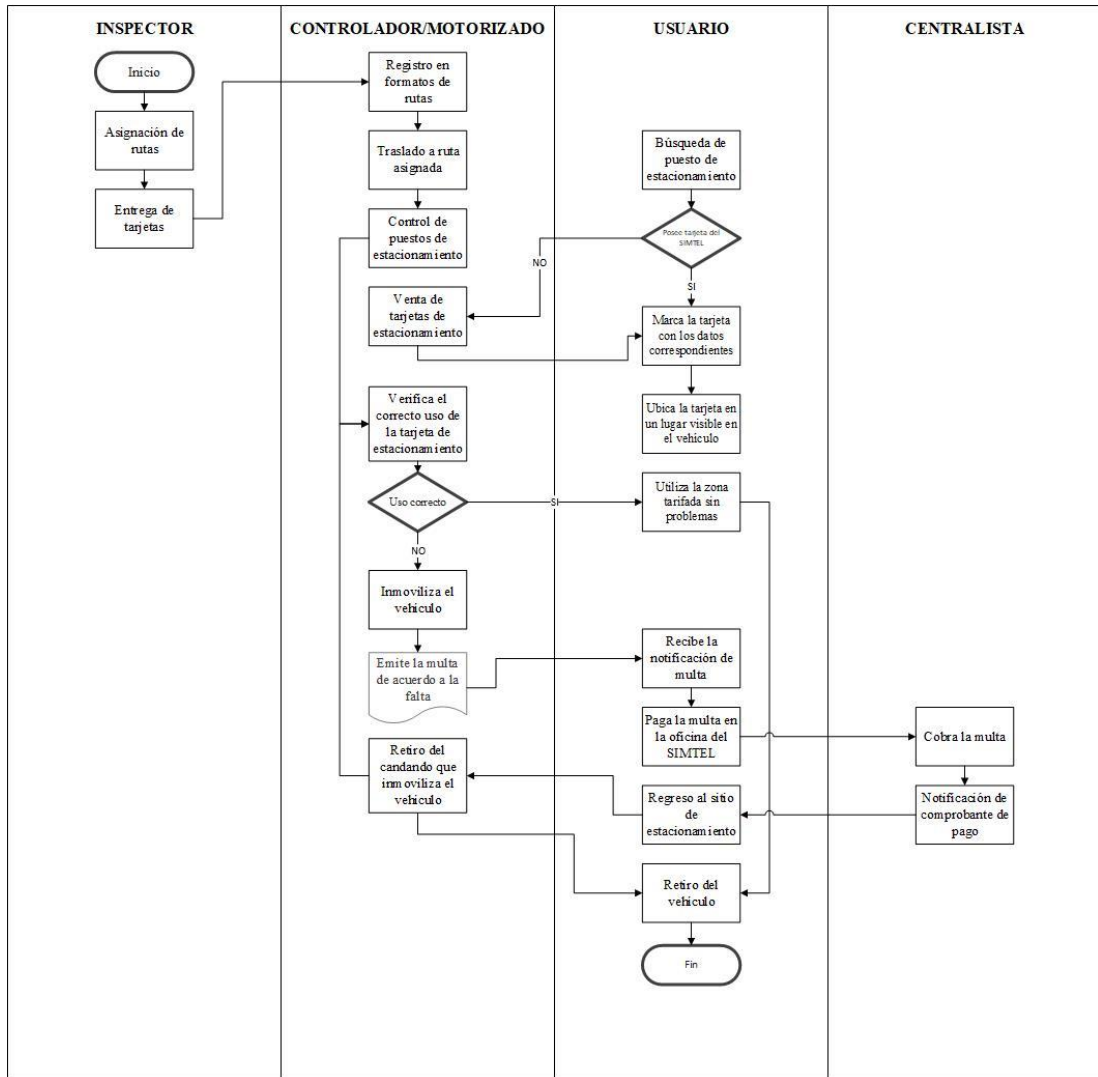


Figura 4.4: Diagrama de flujo del proceso del SIMTEL [1].

Elaborado por: Investigador

Los inspectores responsables de las zonas diariamente asignan a controladores y motorizados una ruta y un número de tarjetas con su serie correspondiente; datos que son llenados a mano en el siguiente formato:

La Figura 4.5 muestra el formato de las rutas diarias de la zona A para controladores en donde se detalla la ubicación y los límites de cada una de las rutas que se encuentran enumeradas del 1 al 12, el inspector al iniciar el día registra las rutas y un número

aproximado de 150 tarjetas a cada controlador y motorizado. Al finalizar el día el personal debe informar la cantidad de tarjetas vendidas y entregar el total recaudado y el número de tarjetas no vendidas, datos que son registrados por el inspector responsable de la Zona A.

FORMATO DE LAS RUTAS DIARIAS PARA LOS CONTROLADORES										ZONA A	
Nº	UBICACIÓN	UND	SERIES	RECIBI CONFORME	VEND	DEV	SERIES DEVUELTAS	ENTREGA CONFORME	TOTAL	NOMBRES	NOVEDADES
1	Av. Amazonas, desde la Sidache hasta la Feliz Valencia										
2	Av. Amazonas, desde la 5 Junio hasta la Pizarra										
3	Av. Amazonas, desde Padre Solodón hasta la Tarqui, más la Tarqui desde Amazonas hasta la Antevía Vela.										
4	Antevía Vela, desde la Francisco Sarmiento hasta la Feliz Valencia + calle Calisto Pino desde Amazonas hasta Antevía Vela.										
5	Antevía Vela desde la Guayquil, hasta la Tarqui.										
6	Padre Solodón, desde La Doa de Mayo hasta Antevía Vela, más Pizarra desde Amazonas hasta Antevía Vela.										
7	Doa de Mayo, desde la Calisto Pino hasta la Guayquil + Juan Abel E, desde Doa Mayo hasta el Barrio Quervecito.										
8	Calle Doa de Mayo, desde General Maldonado hasta la Mercedes Merino, más la Tarqui Doa Mayo hasta la Amazonas.										
9	Barrio Quervecito, desde la Calisto Pino hasta la Padre Solodón, + Juan Abel E, desde Barrio Quervecito hasta la Doa.										
10	Barrio Quervecito, desde la Padre Solodón, hasta la Hermanos Pizar + Hermanos Pizar desde la Doa Mayo hasta Barrio Quervecito.										
11	General Maldonado, desde la Antevía Vela hasta la Quito.										
12	Av. Eloy Alfaro, desde la Cuzco hasta # 5 Junio.										
	MOTORIZADO										
	MOTORIZADO										
	MOTORIZADO										
	MOTORIZADO										
	CENTRALISTA										
	TOTAL										

INSPECTOR (A)

Figura 4.5: Formato de rutas diarias para los controladores Zona A.
Fuente: Investigador

La Figura 4.6 muestra el formato de las rutas diarias de la Zona B para controladores que sigue el mismo protocolo del formato de la Zona A por el inspector responsable de la Zona B.

FORMATO DE LAS RUTAS DIARIAS PARA LOS CONTROLADORES										ZONA B	
UBICACIÓN	UND	SERIES	RECIBI CONFORME	VEND	DEV	SERIES DEVUELTAS	ENTREGA CONFORME	TOTAL	NOMBRES	NOVEDADES	
Quito, Calisto Pino hasta Padre Solodón											
Calle Quito, desde la General Maldonado hasta la Hermanos Pizar											
Simón Bolívar, desde la Calisto Pino hasta el Parque Luis Fernando Vierra											
Simón Bolívar, desde Mariposa Montana hasta Antevía Vela											
Quintero y Chubutas, desde la Calisto Pino hasta Juan A. Bol E.T. + Juan Abel desde Quintero hasta la Mercedes Merino + Feliz Valencia desde la Mercedes Merino hasta Quintero Q.											
Quintero y Chubutas, desde la Luis Fernando Vierra hasta la General Maldonado											
Quintero Chubutas desde General Maldonado hasta Mariposa Montana											
Quintero Chubutas, desde la Mariposa M hasta la Av. Francisco											
Av. Alabanza, desde Quito hasta la Eloy Alfaro											
Coronel, desde la Antevía Vela hasta la Guayquil											
Feliz Valencia, desde la Antonio Clerigo hasta la Mercedes de Chubutas											
Calisto Pino, desde Doa Mayo hasta Quervecito y Chubutas											
TOTAL											

Figura 4.6: Formato de rutas diarias para los controladores Zona B.
Fuente: Investigador

A cada controlador se le asigna un talonario de notificación de multas que es detallado en la Figura 4.7 por el uso inadecuado de la zona azul y por cometer infracciones que constituyen un porcentaje de la remuneración básica unificada como valor de multa por: retraso de 10 minutos a 50 minutos 2%; ausencia, alteración o por no marcar la tarjeta 3%; retraso de 61 minutos a 120 minutos 6%; retraso mayor de 120 minutos 12% más costo de la grúa; estacionarse en sitios prohibidos tales como veredas, parterres, al costado opuesto al área del SIMTEL, doble columna continua, paradas de transporte público y urbano, zona de seguridad peatonal, ingreso a garajes, parada de cooperativas y taxis y camionetas, espacios destinados para personas con discapacidad, vehículos que sobrepasen los 3.5 toneladas y que han ingresado al centro histórico fuera del horario permitido; vehículos realizando comercio informal dentro del perímetro SIMTEL su sanción será del 20%; falsificación de tarjeta 30%; costo de grúa 14%; patio de custodia diario 2%. El usuario debe cancelar la multa en el edificio de la Dirección de Desarrollo Social GAD Municipal de Latacunga ubicado en el sector La Laguna, calle Marquez de Maenza y Santiago Zamora.

GAD MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA
SIMTEL
 Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de Latacunga

NOTIFICACIÓN DE MULTAS 0000001

DÍA MES AÑO
 Fecha: [] [] [201] Hora de inmovilización []
 Hora de notificación []
 Placas [] ubicación del vehículo []

INFRACCIÓN	VALOR
<input type="checkbox"/> - Retraso de 10 min a 60 min:.....	2% R.B.U.
<input type="checkbox"/> - Ausencia <input type="checkbox"/> Alteración <input type="checkbox"/> No marcar:.....	3% R.B.U.
<input type="checkbox"/> - Retraso de 61 min a 120 min:.....	6% R.B.U.
<input type="checkbox"/> - Retraso mayor de 120 min. en adelante:.....	12% R.B.U. más costo de la grúa
<input type="checkbox"/> - Estacionarse en sitio prohibidos tales como en veredas, parterres, al costado opuesto al área del SIMTEL doble columna contigua, paradas de transporte público y urbano, zona de seguridad peatonal, ingreso a garajes, parada de cooperativa de taxis y camionetas, espacios destinados para personas con discapacidad; a los vehículos que sobrepasen los 3,5 toneladas y que han ingresado al centro histórico fuera del horario permitido y a los vehículos que se encuentran realizando comercio informal dentro del perímetro del SIMTEL su sanción será del 20% de la R.B.U.	
<input type="checkbox"/> - Falsificación de tarjeta.....	30% R.B.U.
<input type="checkbox"/> - Costo de grúa.....	14% R.B.U.
<input type="checkbox"/> - Patio de custodia diario.....	2% R.B.U.


CONTROLADOR [] MOTORIZADO []

OFICINAS Y PAGOS DE SANCIONES:
 Edificio G.A.D.L. Ubicado en el sector La Laguna, calle Marquez de Maenza y Santiago Zamora a lado de la Contraloría General del Estado.
 Información y reclamos: 3700 440 Ext. 1403.

Figura 4.7: Notificación de multas.

Fuente: Investigador

Para el registro de multas emitidas el controlador llena un formato diario de la Ficha de Control descrito en la Figura 4.8. Se registra la placa del vehículo, la hora de llegada y salida, el tiempo de inmovilización, número de notificación y multa.



GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN LATACUNGA
SISTEMA MUNICIPAL TARIFADO DE ESTACIONAMIENTO DE LATACUNGA "SIMTEL"

CONTROLADOR: _____ SECTOR: _____ Latacunga, a ___ de _____ del 201__

FICHA DE CONTROL

Nº.	PLACA	HORALLEGADA	HORA SALIDA	TIEMPO HORA INMOVILIZACIÓN	Nº. NOTIFICACIÓN	Nº. MULTA	OBSERVACIÓN

Figura 4.8: Ficha de control.
Fuente: Investigador

Recibido el material y las indicaciones diarias, el personal se traslada a las rutas asignadas por el inspector para iniciar el control del estacionamiento aproximadamente a las 08 h 30 de la mañana. Controladores y motorizados recorren varias veces la ruta verificando el cumplimiento de la zona tarifada. Todos los vehículos estacionados en la zona azul deben tener en un lugar visible la tarjeta de estacionamiento que indica la Figura 4.9; el literal a) refleja el anverso de la tarjeta que debe ser marcada con tinta permanente o perforada en el mes, día del mes, hora de llegada y salida según corresponda la información. El literal b) de la Figura 4.9 muestra el reverso de la tarjeta y se detalla el horario de funcionamiento del SIMTEL, la forma de uso de la tarjeta y las sanciones que el personal del SIMTEL emite por infracción realizada.



a) Anverso de la tarjeta de estacionamiento b) Reverso de la tarjeta de estacionamiento

Figura 4.9: Tarjeta de estacionamiento del SIMTEL

Fuente: Investigador

El usuario tras encontrar un lugar de estacionamiento tiene la obligación de: adquirir la tarjeta de estacionamiento a través de un controlador o en un punto de venta autorizado registrar el mes, día, hora y minutos de llegada y ubicarlo en el tablero frontal en un lugar visible como muestra la Figura 4.10. El SIMTEL cuenta con 174 puntos de venta autorizados distribuidos aproximadamente 3 puntos de venta por cuadra en la zona tarifada.



Figura 4.10: Uso de la zona tarifada.

Fuente: Investigador

Por falta de costumbre, poca atención, desconocimiento, desinterés o apatía, el usuario hace un mal uso de la zona tarifada y estaciona su vehículo en lugares prohibidos delimitados por línea amarilla. La Figura 4.11 muestra un vehículo estacionado en la parada de bus y otro vehículo estacionado en la entrada y salida de un parqueadero privado, infracciones que son sancionadas por el personal del SIMTEL.



Figura 4.11: Vehículos estacionados en lugares prohibidos, delimitados por secciones amarillas.

Fuente: Investigador

Otras frecuentes infracciones que son sancionadas son el uso inadecuado de las tarjetas de estacionamiento, como indica la Figura 4.12, el usuario ubica un número no permitido de tarjetas y al recibir la notificación de la sanción cometida por parte del controlador, objeta que no merece una multa porque si adquirió las tarjetas y las ubicó en el vehículo.



Figura 4.12: Utilización desmedida de tarjetas.

Fuente: Investigador



Figura 4.13: Inmovilización vehicular.

Fuente: Investigador

La Figura 4.13 detalla el proceso de inmovilización vehicular, el personal al constatar una mala utilización de la zona tarifada, otorga 5 minutos para contactar al conductor antes de inmovilizar el vehículo y emitir la multa.

El controlador comunica a los motorizados su ubicación y el más próximo asiste con los candados para inmovilizar el vehículo. Se emite la notificación de la multa correspondiente, que el usuario debe cancelar en la oficina del SIMTEL y se registra la placa del vehículo en la ficha de control. El usuario con la notificación de pago se acerca hasta el sector de inmovilización para buscar al controlador y notificar al motorizado que el candado debe ser retirado.

En este proceso se presentan algunas controversias entre los usuarios y el personal del SIMTEL. El usuario no comprende su falta y agrede verbalmente y en ocasiones físicamente al personal del SIMTEL. La jefatura anualmente y durante una semana capacita a todo el personal en: trato al usuario, defensa personal, código de derechos y deberes, etc. En busca del bienestar de toda la ciudadanía.

Una vez concluido el horario de funcionamiento; el personal se acerca a la oficina para cerrar el día de trabajo. Los inspectores recogen las fichas de control y completan la

información de los formatos de las rutas diarias de los controladores; concluido este proceso, la recaudadora junto con las centralistas cierran caja con la información del sistema y el papeleo de inspectores, verificando el correcto desempeño y solucionando las novedades presentadas en el transcurrir diario.

Marco Molina jefe del SIMTEL se encuentra en trámites pertinentes para invertir parte de los ingresos de la jefatura para un mejor desenvolvimiento y control en: sistemas digitales, tablets (registros fotográficos), recibos electrónicos, etc.

4.6 Arquitectura del sistema electrónico de gestión y control.

La Figura 4.14 muestra la topología de la ciudad de Latacunga, el SIMTEL se encuentra distribuido en la zona céntrica de la ciudad y está constituido por secciones azules, amarillas y blancas. Las secciones delimitadas por líneas azules son aquellas destinadas para el estacionamiento vehicular, las secciones amarillas representan zonas prohibidas para parqueo vehicular y las secciones blancas representan espacios destinados para personas discapacitadas.

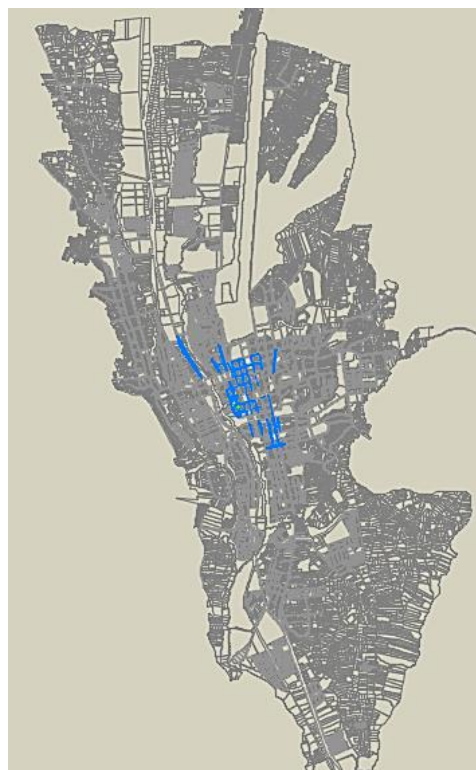


Figura 4.14: Topología de la ciudad de Latacunga y distribución de la Zona Tarifada.

Fuente: Investigador

La arquitectura del sistema electrónico de gestión y control se detalla en la Figura 4.15 y muestra los requerimientos necesarios para la implementación del prototipo:

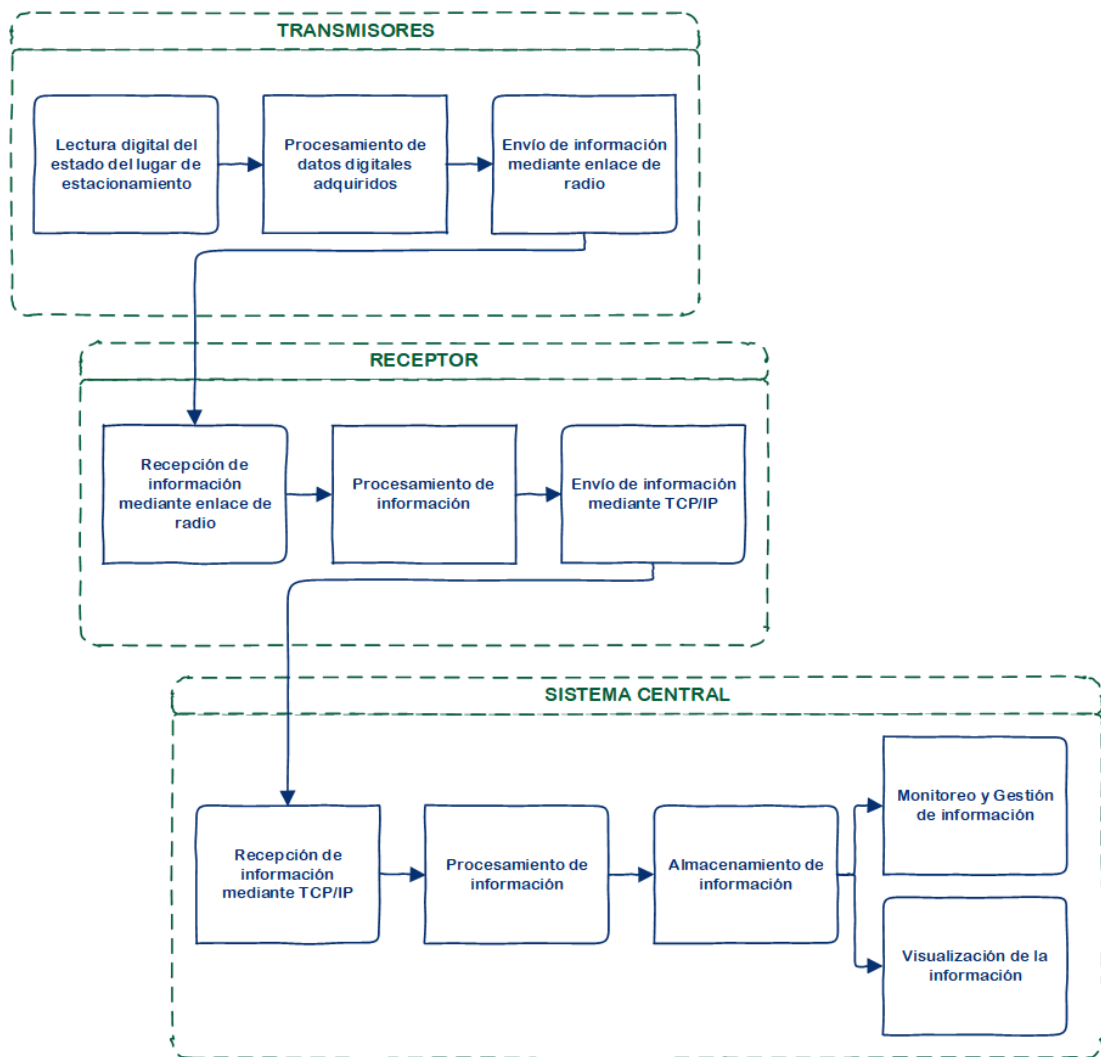


Figura 4.15: Diagrama de bloques del Sistema de Gestión y Control.

Fuente: Investigador

Para la lectura digital del estado de los estacionamientos son necesarios sensores infrarrojos por cada puesto de parqueo. La Tabla 4.1 detalla 5 modelos de sensores infrarrojos con emisor y transmisor en el mismo PCB que son compatibles con Arduino, el punto más importante a analizar es el rango de detección. Los sensores FC-51 y GP2Y0A21YK0F cumplen con el requerimiento, detectar un máximo de 70 centímetros hasta la base del vehículo. La diferencia está en la naturaleza del dato de salida FC-51 es una señal digital, mientras en el GP2Y0A21YK0F la señal es análoga, por lo cual este último necesita de un circuito de acondicionamiento de señal que

influye en la creación de un pequeño PCB para que la señal de entrada a los Arduinos sea de un nivel de voltaje adecuado [22], [43].

Tabla 4.1: Modelos y parámetros de sensores infrarrojos [22], [43].

Parámetro / Modelo	FC-51	KY-032	TCRT5000	GP2Y0A21Y K0F	KS0051
Ángulo de cobertura	35°	35°	45°	40°	35°
Tipo	Digital	Digital	Digital	Analógico	Digital
Voltaje de funcionamiento:	3.0 V – 6 V	3.3 V - 5 V	3.3 V - 5 V	5 V	3.3 V - 5 V
Rango de detección:	2 – 100 cm	2 – 40 cm	1 – 25 mm	10 – 80 cm	0,5 – 260 mm
Precio	\$3	\$2,30	\$3,70	\$3	\$2,50

Elaborado por: Investigador

Por lo tanto, el sensor más adecuado para la aplicación es el FC-51 ilustrado en la Figura 4.16 y tiene un PCB de fábrica, ahorrando trabajo para su instalación. Se alimenta a través de Vcc y GND y proporciona una salida digital.



Figura 4.16: Módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 [21].

El umbral de disparo debe ser calibrado acercando un objeto al detector de obstáculos y regulando la salida digital con el potenciómetro. Las especificaciones técnicas del módulo inarrojo IR FC-51 se detallan en la Tabla 4.2.

Especificaciones técnicas del módulo infrarrojo IR FC-51

Tabla 4.2: Módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 [22].

Número de modelo	FC-51
Ángulo de cobertura	35°
Voltaje de funcionamiento:	3.0 V – 6.0 V
Rango de detección:	2 cm – 100 cm (ajustable con el potenciómetro)
PCB tamaño:	3.1 cm x 1.4 cm
Dimensión total:	4.5 cm x 1.4 cm x 0.7 cm
Nivel de salida de discriminación:	Salidas de nivel lógico bajo cuando se detecta obstáculo
En activo nivel de salida:	Salidas de nivel lógico alto cuando no se detecta obstáculo
Consumo actual:	3.3 V: ~ 23 mA
	5.0 V: ~ 43 mA

Cada sensor está conectado con cable multipar subterráneo para exteriores a un arduino-emisor. Los emisores están ubicados uno por sección de calle de la zona azul y son los encargados de realizar la lectura digital, procesar y enviar la información a un arduino-receptor.

La Tabla 4.3 describe varios de los transceptores de radio compatible con tecnología Arduino. El sistema requiere un transceptor con las mayores características en rango de transmisión para utilizar la menor cantidad de receptores que cubran la zona geográfica que controla el SIMTEL [33], [44], [45], [46].

Tabla 4.3: Modelos y parámetros de Transceptores [33], [44], [45], [46].

Parámetro / Modelo	TB394	MX-05V	HC11	SI4432	NRF24L01
Voltaje de funcionamiento	3,3 - 5,5 V	5 V	3,3 - 5 V	1,8 - 3,6 V	3 - 3,6 V
Interfaz	RS232		UART	SPI	SPI
Rango de frecuencias	2402 - 2482 MHz	315 MHz	433 MHz	430,24 - 439,75 MHz	2400 - 2525 MHz
Potencia de transmisión	100 mW	10 mW	10 mW	100 mW	100 mW
Sensibilidad de recepción	-87 dBm	-105 dB	-112 dBm	-120 dBm	-104 dBm
Velocidad de transmisión	1,2 kBps	4 KBps	1,2 - 115,2 Kbps	1200 bps - 128 Kbps	250 Kbps - 2 Mbps
Distancia de transmisión	400 m	20 - 200 m	200 m	800 m	1000 m
Costo	\$25	\$2	\$6	\$3,47	\$20

Elaborado por: Investigador

El modelo que mayor distancia cubre tanto para transmisión y recepción es el NRF24L01, además la potencia de transmisión es de las más altas como se puede observar en la tabla comparativa. El parámetro de velocidad de transmisión es también importante y para este modelo llega hasta los 2 Mbps, muy superior a los demás transceptores.

El emisor y el receptor se comunican a través de un enlace de radio frecuencia de 2.4 GHz con un alcance máximo de 1 000 m. A través del transceptor NRF24L01 que incluye una antena para 2.4 GHz (2 decibelios) con una tasa de transmisión de hasta 250 Kbps, al aire libre puede alcanzar una distancia de hasta 1 km.

Las especificaciones técnicas del transceptor se detallan en la Tabla 4.4. El módulo utiliza 8 pines para su interfaz externa y funciona con el estándar de comunicación

SPI. La banda de frecuencia es de 2400 a 2525 MHz, pudiendo elegir entre 125 canales espaciados a razón de 1 MHz. Se recomienda usar las frecuencias de 2501 a 2525 MHz para evitar interferencias con otras redes [33].

Tabla 4.4: Especificaciones transceptor NRF24L01 [33].

Voltaje de alimentación	3-3.6V (3.3V recomendado)
Potencia máxima de salida	+20 dBm
Corriente (máxima) en modo de emisión	115 Ma
Corriente (máxima) en modo de recepción	45 Ma
Modo de apagado-espera	4.2Ua
Sensibilidad a 2 Mbps en modo de recepción	-92dBm
Sensibilidad a 1 Mbps en modo de recepción	-95 dBm
Sensibilidad a 250 kbps en modo de recepción	-104dBm
Ganancia PA	20Db
Ganancia LNA	10Db
Figura de ruido LNA	2.6 Db
Ganancia de la Antena (pico)	2 dBi
Distancia a Tasa de 2MB (zona abierta)	520m
Distancia a Tasa de 1MB (zona abierta)	750m
Distancia a Tasa de 250Kb (zona abierta)	1000m

Debido al área geográfica en la que se ubican los sensores son necesarios dos receptores, uno al Noroccidente y otro Suroriente de la zona tarifada respectivamente, con lo cual se asegura que cada uno de los emisores tengan una comunicación estable con su respectivo receptor, según el diseño la distancia máxima entre un nodo emisor y un nodo receptor es de 700 m.

El receptor dispone de un Shield-Ethernet que permite que el dispositivo se pueda conectar a internet por medio de un router de determinado ISP. El envío de datos se realiza con el protocolo HTTP estableciendo una solicitud de respuesta entre el cliente y el servidor. En el código del arduino-receptor se establece las direcciones IP y puertos del cliente y del servidor para la conexión HTTP. La información recibida en el servidor web es traducida con lenguaje PHP y almacenada en una base de datos MySQL.

Para el sistema central después de la recepción, procesamiento y monitoreo de información los usuarios tienen acceso a un mapa que despliega la información del estado de los estacionamientos por medio de una aplicación móvil con tecnología Android. El servidor web se enlaza, además, a una plataforma de gestión para el control y funcionamiento del SIMTEL. La plataforma realiza asignaciones de rutas, registro y pago de multas, liquidaciones diarias, órdenes de inicio y fin de día, etc.

El diagrama general del sistema electrónico se detalla en la Figura 4.17 y contiene sensores infrarrojos por cada puesto de estacionamiento, un arduino emisor por sección de calle y un arduino receptor. Los datos son almacenados, procesados y presentados al usuario en dispositivos móviles y aplicaciones web mediante internet.

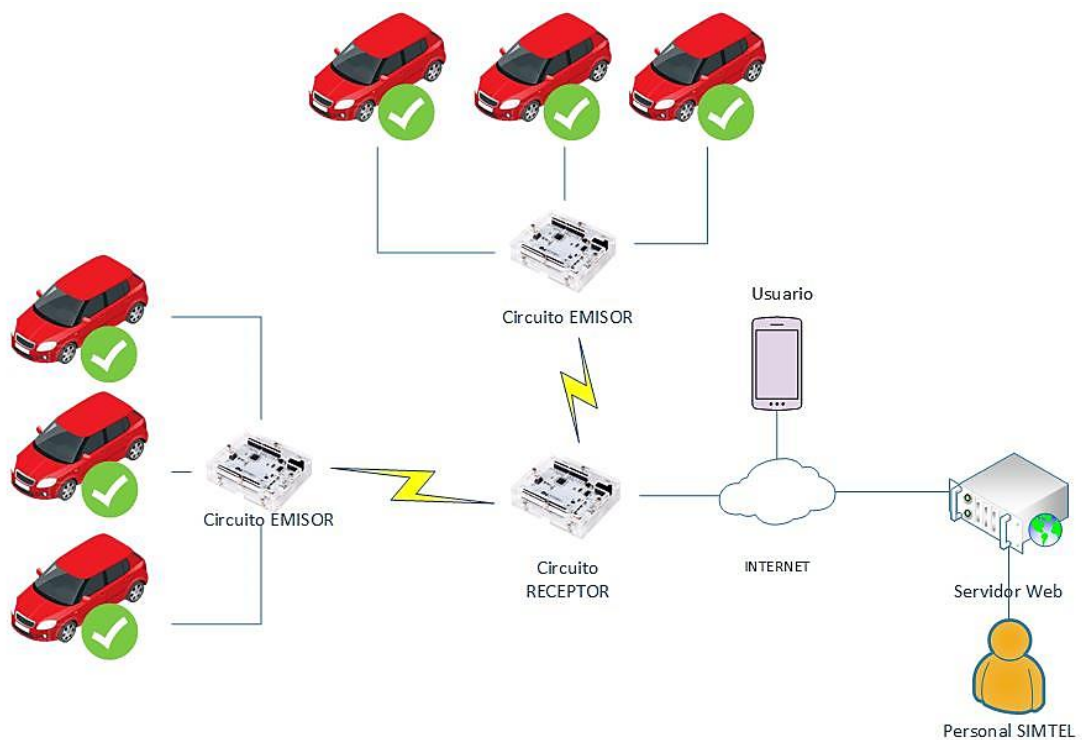


Figura 4.17: Diagrama General del Sistema Electrónico.

Fuente: Investigador

4.7 Diseño del dispositivo electrónico y ubicación de sensores.

La zona azul del SIMTEL está delimitada únicamente por una línea paralela ubicada a 2 m de la acera y dos líneas que indican el inicio y el final de la sección azul. De acuerdo a las medidas de cada sección azul que integran el SIMTEL representadas en AutoCad y descritas en el anexo 2 se resuelve ubicar los sensores IR FC-51 a una distancia aproximada de 2 m del inicio de la sección azul y a un 1 metro de distancia a la acera con una separación continua de 4 m por sensor.

La Figura 4.18 muestra las secciones del SIMTEL distribuidas en la calle General Maldonado y Av. Amazonas, las secciones que tienen medidas son las secciones para estacionamiento vehicular, los sensores están representados en color verde.

De acuerdo a la distancia y ubicación de los sensores se obtiene el número de sensores a través de:

$$\#Sensores = \frac{\text{distancia de sección metros}}{4 \text{ m de distancia entre sensores}}$$

Para la distancia de los sensores con respecto al inicio y fin de la sección:

1. La distancia de sección debe ser un número divisible para 4
2. La diferencia entre el valor real de la distancia de sección y el numeral 1 se divide entre dos.
3. Se suma el resultado del numeral 2 con los 2 m que es la distancia establecida inicialmente.
4. Se ubica el primer sensor al total obtenido en el numeral 3.

En la calle General Maldonado en la sección de medida 28.1 m se obtiene:

$$\#Sensores = \frac{28.1 \text{ m}}{4 \text{ m}}$$
$$\#Sensores = 7.025$$

Un número total de 7 sensores ubicados:

1. Distancia de sección divisible para 4 = 28 m
2. $28.1\text{ m} - 28\text{ m} = 0.1\text{ m}/2 = 0.05\text{ m}$
3. $2\text{ m} + 0.05\text{ m} = 2.05\text{ m}$

En consecuencia la sección 28.1 m de la calle General Maldonado tiene un número total de 7 sensores. El primero y el último sensor se ubican a una distancia de 2.05 metros de los límites de la sección y a una distancia continua de 4 metros de los demás sensores.

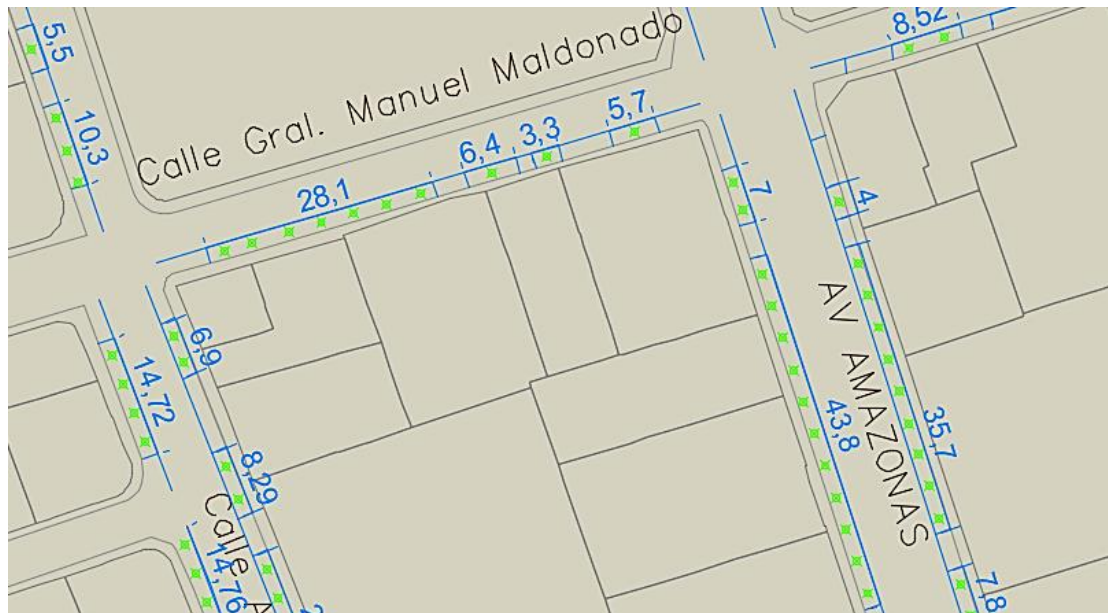


Figura 4.18: Ubicación de sensores según medidas de sección.

Fuente: Investigador

Cada calle tiene arduinos mega o arduinos uno, dependiendo del número de sensores necesarios por sección. Teniendo en cuenta que la disposición de pines según la investigación expuesta en la Tabla 2.1, el arduino mega tiene 54 puertos digitales y 16 puertos analógicos (declarados como puertos digitales). Se dispone de 70 puertos: 7 puertos usados para el transceptor y 63 puertos disponibles para la lectura de estado del sensor IR FC-51. El arduino uno tiene 14 puertos digitales y 6 puertos analógicos (declarados como puertos digitales), contando con 20 puertos: 7 puertos usados para el transceptor y 13 puertos disponibles para la lectura de estado del sensor IR FC-51.

En las secciones azules en la calle General Maldonado descritas en la Figura 4.18 se ubican los sensores necesarios representados por color verde:

$$7 + 1 + 1 + 1 = 10$$

Requiere de un arduino uno que dispone de 13 pines encargados de la lectura digital de los sensores ubicados en la cuadra General Maldonado entre Antonia Vela y la avenida Amazonas.

En la Tabla 4.5 se detalla el número de secciones azules, amarillas y blancas. Las secciones azules son los lugares de estacionamiento, las secciones amarillas son espacios de no estacionamiento o lugares reservados como: paradas de bus, cooperativas de taxis, cooperativas municipales, garajes y estacionamiento de motos y las secciones blancas son espacios reservados para discapacitados y pasos peatonales no ubicados en las esquinas de las calles. Se enumera los sensores y arduinos mega/uno requeridos por sección de calle basado en el estudio y las mediciones detalladas en el Anexo 2 y Anexo 3.

Tabla 4.5: Cuantificación de elementos electrónicos.

Norte – Sur						
	N° secciones azules	N° secciones amarillas	N° secciones blancas	N° sensores FC-51	N° arduinios/ Mega	N° arduinios/ Uno
Av. Eloy Alfaro	34	30	-	251	5	1
Antonia Vela	36	30	4	168	7	4
Av. Amazonas	43	44	5	292	13	2
Antonio Clavijo	3	4	-	28	1	1
Dos de Mayo	20	22	3	140	5	2
Belisario Quevedo	17	12	4	142	6	1
Quito	32	25	4	162	6	1
Sánchez de Orellana	23	18	2	117	5	2
Quijano y Ordoñez	19	12	6	205	7	1
Av. Unidad Nacional	4	2	-	48	2	-
Curaray	11	9	1	35	1	-
Napo	23	18	1	110	5	1
Este- Oeste						
Calixto Pino	9	17	-	68	2	1
Félix Valencia	10	7	2	65	3	2

Juan Abel Echeverría	4	4	-	35	2	1
Guayaquil	8	10	2	53	2	2
Pastaza	7	5	-	26	-	2
Manuel Salcedo	5	3	-	41	1	3
General Maldonado	10	9	2	65	1	4
Tarqui	10	11	1	57	1	4
Av. Atahualpa	13	8	2	79	3	3
TOTAL:				2187	78	38

Fuente: Investigador

Cada sensor tiene una etiqueta de acuerdo al número y nombre de la calle a la que pertenece, haciendo un recorrido de Norte a Sur y de Oeste a Este, respectivamente y tomando como ejemplo el sector que se presenta en la Figura 4.18 en la calle General Maldonado y Av. Amazonas como se detalla en la Tabla 4.6:

Tabla 4.6: Análisis de etiquetas de los sensores.

Número de sensor	Nomenclatura		Calle 1	Calle 2	Nomenclatura		Calle 16	Calle 17
			Etiqueta de Sensor	Etiqueta de Sensor			Etiqueta de Sensor	Etiqueta de Sensor
1	General Maldonado	M	Mc1s1	Mc2s1	Avenida Amazonas	AM	AMc16s1	AMc17s1
2			Mc1s2	Mc2s2			AMc16s2	AMc17s2
3			Mc1s3	Mc2s3			AMc16s3	AMc17s3
4			Mc1s4	Mc2s4			AMc16s4	AMc17s4
5			Mc1s5	Mc2s5			AMc16s5	AMc17s5
6			Mc1s6	Mc2s6			AMc16s6	AMc17s6
7			Mc1s7	Mc2s7			AMc16s7	AMc17s7
8			Mc1s8	Mc2s8			AMc16s8	AMc17s8
9			Mc1s9	Mc2s9			AMc16s9	AMc17s9
10			Mc1s10	Mc2s10			AMc16s10	AMc17s10
11				AMc16s11			AMc17s11	
12				AMc16s12			AMc17s12	

Fuente: Investigador

Se toma el dato digital de cada uno de los sensores que son procesados por el arduino, una vez procesados se envían a través del módulo de radio frecuencia mediante la configuración de la etapa de comunicación inalámbrica.

En el código principal del arduino se destacan las configuraciones para el funcionamiento del transceptor NRF24L01 entre las cuales se detalla la dirección del canal *'pipe'*:

```
radio.openWritingPipe          // en el emisor se abre como escritura
radio.openReadingPipe         // en el receptor se abre como lectura
```

Puede trabajar en 125 canales operando desde los 2400 MHz hasta los 2525 MHz con un ancho de banda de 1 MHz por canal:

```
myRadio.setChannel(108)          // equivalente a 2508 MHz
```

Es recomendable en ambientes de alta interferencia trabajar en los últimos 25 canales para evitar interferencias con redes bluetooth y wifi:

100-125	2500-2525 MHz
---------	---------------

```
radio.setDataRate(RF24_250KBPS) //velocidad de datos
```

La velocidad de datos define el alcance de la antena: 1 MHz (alcance 700 m) 2 MHz (alcance 500 m) 250 Kbps (alcance 1000 m).

Para abrir diferentes canales de recepción o transmisión se define de la siguiente manera:

```
const uint64_t pipes[6] = { 0xF0F0F0F0D2LL, 0xF0F0F0F0E1LL,
                             0xF0F0F0F0E2LL, 0xF0F0F0F0E3LL,
                             0xF0F0F0F0F1, 0xF0F0F0F0F2 };

radio.begin();
radio.openWritingPipe(pipes[0]);
radio.openReadingPipe(1,pipes[1]);
radio.openReadingPipe(2,pipes[2]);
```

Los pines del transceptor se conectan con los pines del arduino como se indica en la Tabla 4.7:

Tabla 4.7: Conexión entre el arduino y el transceptor [47].

NRF24L01	Arduino UNO	Arduino MEGA
GND	GND	GND
VCC	3.3 [V]	3.3 [V]
CE	PIN 9	PIN 9
CSN	PIN 10	PIN 10
SCK	PIN 13	PIN 52
MOSI	PIN 11	PIN 51
MISO	PIN 12	PIN 50

Configuración del transceptor NRF24L01 como Emisor en el Arduino Mega:

```

/* -----
Programa para transmitir strings mediante radios NRF2401
Emisor Arduino MEGA
-----*/

#include <nRF24L01.h>           /*Para el programa emisor se requiere
#include <RF24.h>              la librería RF24-master, con varios
#include <RF24_config.h>       includes necesarios para el
#include <SPI.h>                NRF24L01 y para el bus SPI*/

RF24 radio(9,10);             /*Declaración pines de control*/
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL; /*Dirección de canal*/
radio.begin();                /*inicialización de radio*/
radio.openWritingPipe(pipe); /*Abrir para escribir*/
if (digitalRead(22)== LOW) msg[0]='L'; /*Lectura de puerto*/
radio.write(msg, 12);         /*Escritura en cadena*/

```

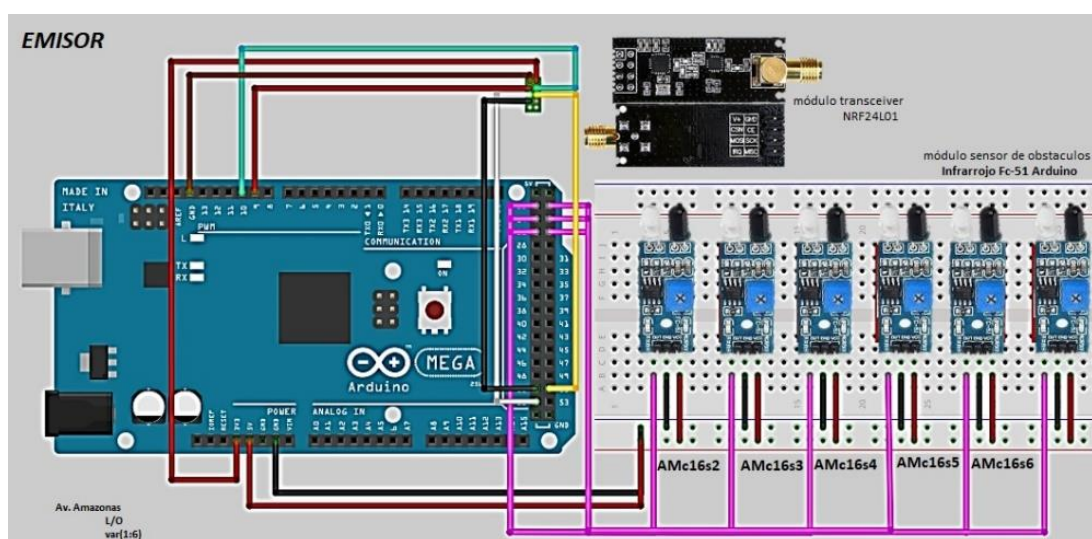


Figura 4.19: Esquema del emisor Arduino Mega.

Fuente: Investigador

La Figura 4.19 muestra el esquema de conexión del arduino mega emisor con la antena NRF24L01 y seis sensores IR FC-51, detallando sus respectivas etiquetas. Representan los sensores ubicados en una sección de la avenida Amazonas.

Configuración del transceptor NRF24L01 como Emisor en el Arduino Uno:

```

/* -----
   Programa para transmitir strings mediante radios NRF2401
   Emisor Arduino UNO
   -----*/

RF24 radio(9,10);                               Declaración pines de control*/
const uint64_t pipe = 0xE8E8F0F0E1LL;           /*Dirección de canal*/
radio.begin();                                   /*inicialización de radio*/
radio.openWritingPipe(pipe);                     /*Abrir para escribir*/

if (digitalRead(7)== LOW) msg[5]='Y';           /*Lectura de puerto*/
radio.write(msg, 12);                            /*Escritura en cadena*/

```

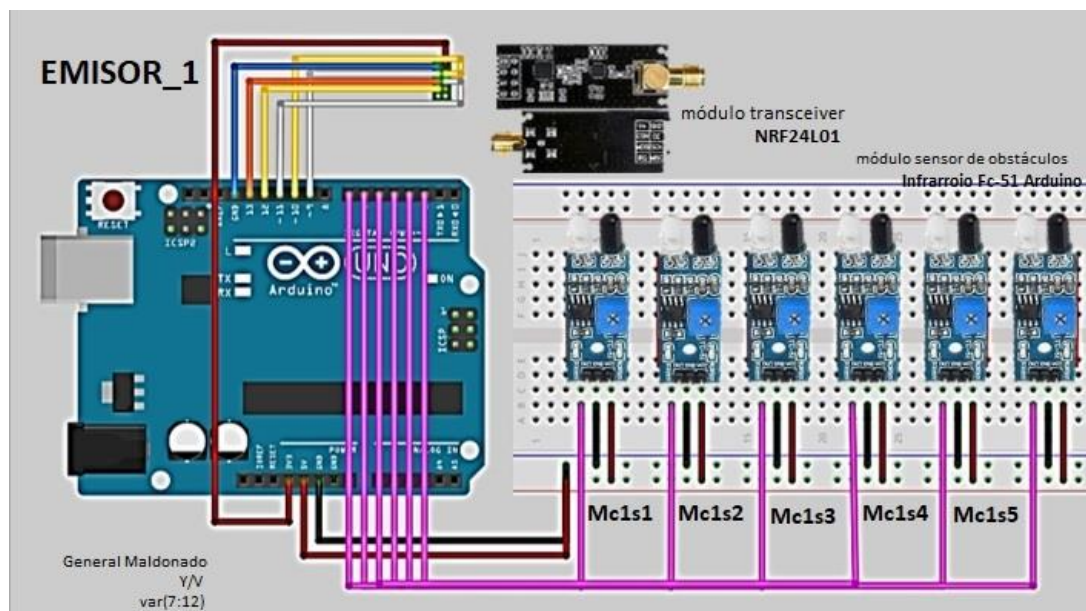


Figura 4.20: Esquema del emisor Arduino Uno.

Fuente: Investigador

La Figura 4.20 muestra el esquema de conexión del arduino uno emisor con la antena NRF24L01 y seis sensores IR FC-51, detallando sus respectivas etiquetas. Representan los sensores ubicados en una sección de la calle General Maldonado.

Para la comunicación entre el receptor y el servidor Web se utiliza el Arduino Ethernet Shield, mediante la librería <Ethernet.h> establece las direcciones IP del Arduino y el Servidor Web remoto y a través del puerto de entrada :8080 realiza la solicitud HTTP

con método GET. Apunta a un archivo específico .PHP en el servidor Web que permite interpretar el hipertexto y los parámetros de solicitud enviados por el arduino-receptor.

```

/* -----
   Programa para recibir strings mediante radios NRF2401
   Receptor Arduino y comunicación con el servidor Web
   -----*/
byte ip[] = { 192,168,100,33 };      /*Dirección IP del Arduino*/
byte server[] = { 192,168,100,10 }; /*Dirección IP del servidor*/
EthernetClient client;
void setup(void) {
  Ethernet.begin(mac, ip);          /*Inicializamos el Ethernet Shield*/
  radio.startListening();
  if (radio.available()) {
  else {Serial.println("error inalámbrico");}
        /*Proceso de envío de muestras al servidor*/
  Serial.println("Conectando...");
  if (client.connect(server, 8080)>0) { /*Conexión con el servidor*/
    client.print("GET /DataBase/iot.php?AMc16s2=");
    client.print(AMc16s2);
    client.println(" HTTP/1.0");
    client.println("User-Agent: Arduino 1.0");
    client.println();
    Serial.println("Conectado\n");}
  else {Serial.println ("Fallo en la conexión\n");}
  if (!client.connected()) {Serial.println ("Desconectado\n");}
}

```

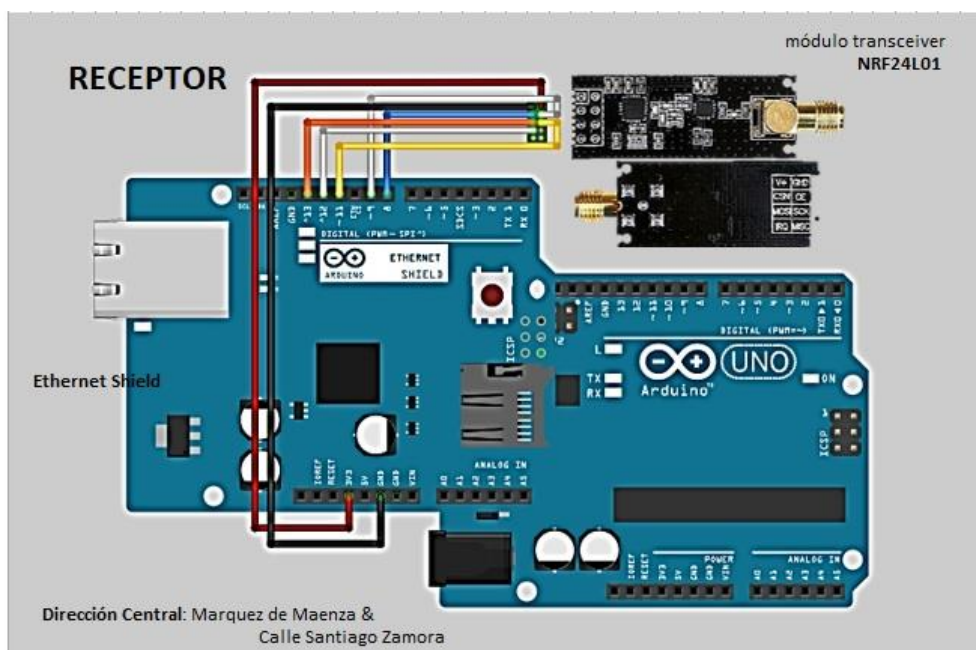


Figura 4.21: Esquema del receptor Arduino Uno.

Fuente: Investigador

La Figura 4.21 muestra el esquema de conexión del arduino uno receptor con la antena NRF24L01 y la Shield Ethernet ubicados como representación en la calle Marquez de Maenza y Santiago Zamora.

4.8 Servidor XAMPP

El software XAMPP para Windows se descargó en: www.apachefriends.org y el fichero obtenido está ubicado en la dirección C:\xampp.

Los componentes necesarios para el servidor, como se muestra en la Figura 4.22 son:

- Server: Apache/MySQL
- Program Languages: PHP/phpMyAdmin

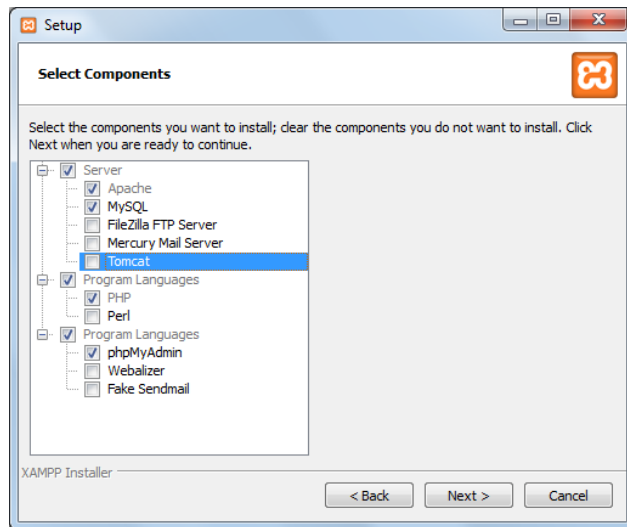


Figura 4.22: Componentes del Servidor.

Fuente: Investigador

El panel de control de XAMPP descrito en la Figura 4.23 muestra el estado del servicio, la identificación del proceso (PID) y los puertos en los que trabaja cada servicio iniciado.

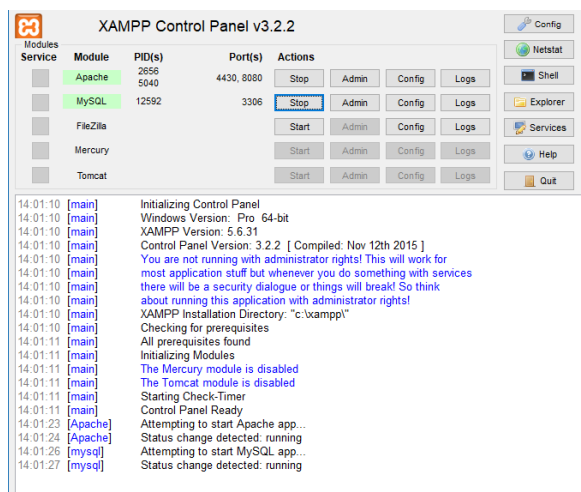


Figura 4.23: Panel de control XAMPP.

Fuente: Investigador

En el directorio de instalación C:\xampp se tiene la estructura descrita en la Figura 4.24. El directorio htdocs contiene todos los archivos para la recepción, interpretación y almacenamiento de datos en la base MySQL, a través de archivos PHP y HTML.

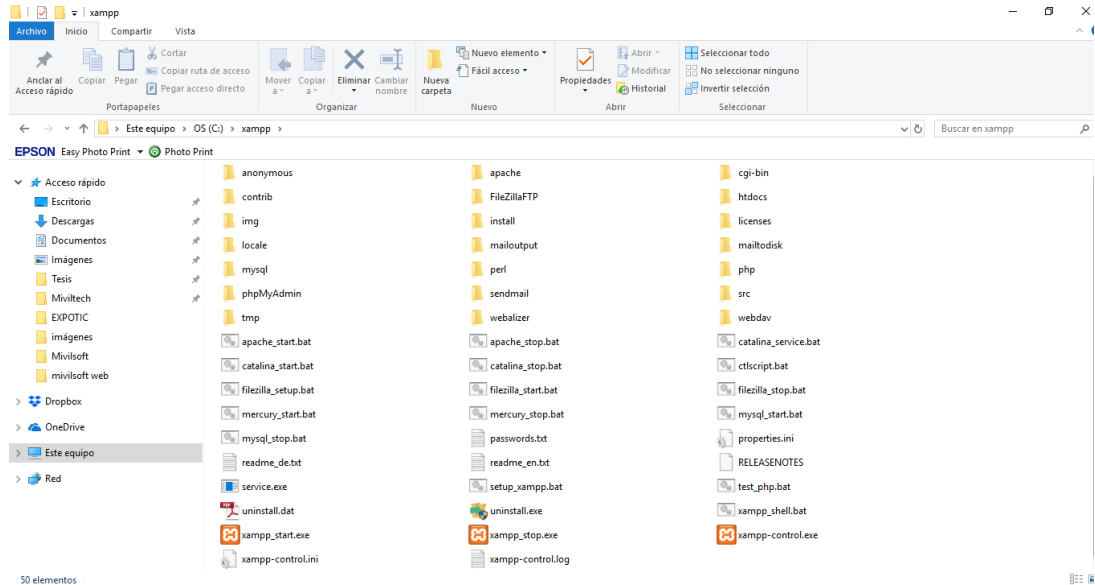


Figura 4.24: Estructura de XAMPP.

Fuente: Investigador

4.8.1 Estructura de la base de datos

La utilización de la base de datos asume el rol de administrador de toda la información diaria que requiere el proceso del SIMTEL. La base de datos receptor1 en phpMyAdmin almacena la cantidad necesaria de tablas para gestionar los procesos del SIMTEL.

La tabla de nómina contiene el nombre, cédula, cargo y contraseña de los funcionarios actuales del SIMTEL encargada de enlazar los accesos correspondientes a distintas aplicaciones según el cargo; para el controlador enlaza a la tabla de inicio_día y fin_día que integra los datos manejados por las hojas de formatos descritos en la Figura 4.5 y la Figura 4.6, que a su vez se asocia con las tablas de la zona_a y zona_b que guardan el número y la ruta correspondiente de las mismas. Para la ficha de control descrita en la Figura 4.8, se tiene una tabla ficha_control en la que se administra el total a pagar y el estado de la multa para el vehículo asociado, a través de la columna id de la tabla detallademulta que se asocia al el id de la tabla multasporcentaje que administra el tipo

de multas y sanciones regidas por la ordenanza que regula el SIMTEL. La tabla estacionamientos guarda el estado, hora y fecha de los sensores.

La Figura 4.25 detalla la estructura de la base de datos receptor1 y la relación que existen entre las tablas, los caracteres y campos que lo integran.

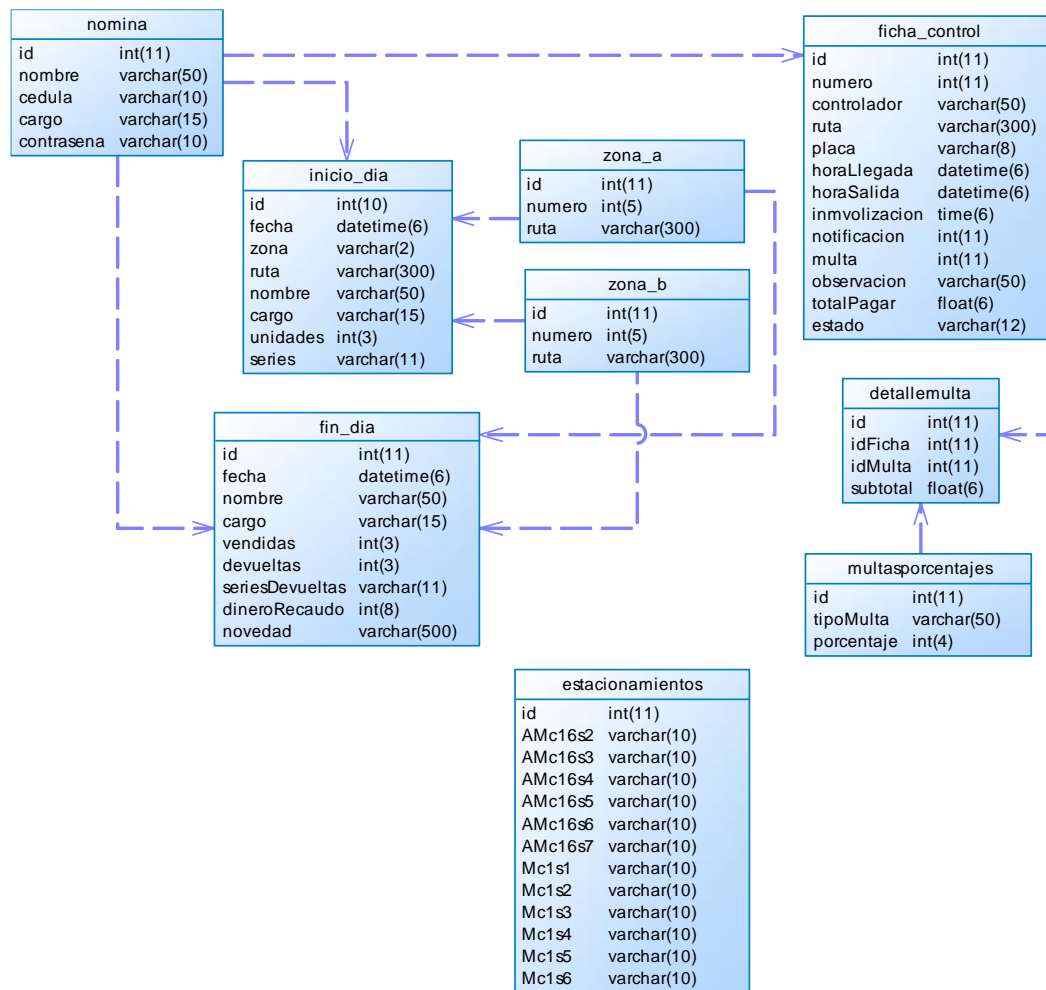


Figura 4.25: Estructura de la base de datos

Fuente: Investigador

4.8.2 Recepción y almacenamiento de datos del estado de los estacionamientos

Los arduinos realizan una solicitud como cliente HTTP con el método GET para enviar los parámetros al servidor Web. Cuando la solicitud es detectada en el servidor, el primer archivo que se ejecuta es el “iot.php” dentro del directorio “htdocs/Database/” de Xampp. Este archivo abre una conexión a la base de datos MySQL con la sentencia:

```
$con = mysqli_connect($dbhost, $dbuser, $dbpass, $dbname;
```

En cada ejecución del archivo se obtienen los parámetros y son almacenados en variables locales de la siguiente manera:

```
$AMc16s2 = mysqli_real_escape_string($con, $_GET['AMc16s2']);
```

Las variables son insertadas en la tabla “estacionamientos” con la sentencia SQL:

```
$query = "INSERT INTO estacionamientos VALUES (NULL, '$AMc16s2.',  
'$.AMc16s3.', '$AMc16s4.', '$AMc16s5.', '$AMc16s6.',  
'$.AMc16s7.', '$Mc1s1.', '$Mc1s2.', '$Mc1s3.', '$Mc1s4.', '  
'$.Mc1s5.', '$Mc1s6.', NULL)";
```

Se ejecuta la sentencia y se cierra la conexión a la base de datos para evitar múltiples conexiones:

```
mysqli_query($con, $query);  
mysqli_close($con);
```

4.8.3 Visualización del estado de estacionamientos

La página Web de visualización está implementada para que los usuarios, controladores, administradores, centralistas y motorizados del SIMTEL tengan acceso desde cualquier plataforma móvil o de escritorio a un mapa actualizado y en tiempo real, que permite mostrar con marcadores el estado actual de cada puesto de estacionamiento.

El mapa contiene la gráfica de todos los tipos de lugares de parqueo controlados por la entidad, como son: No estacionar (de color amarillo), reservado para discapacitados (de color gris) y lugares para estacionar (de color azul). La Figura 4.26 muestra el estado de los 12 sensores utilizados en el prototipo con la letra “O” y el marcador rojo se indica que el lugar está ocupado y con una “L” y el marcador verde que el lugar está libre:

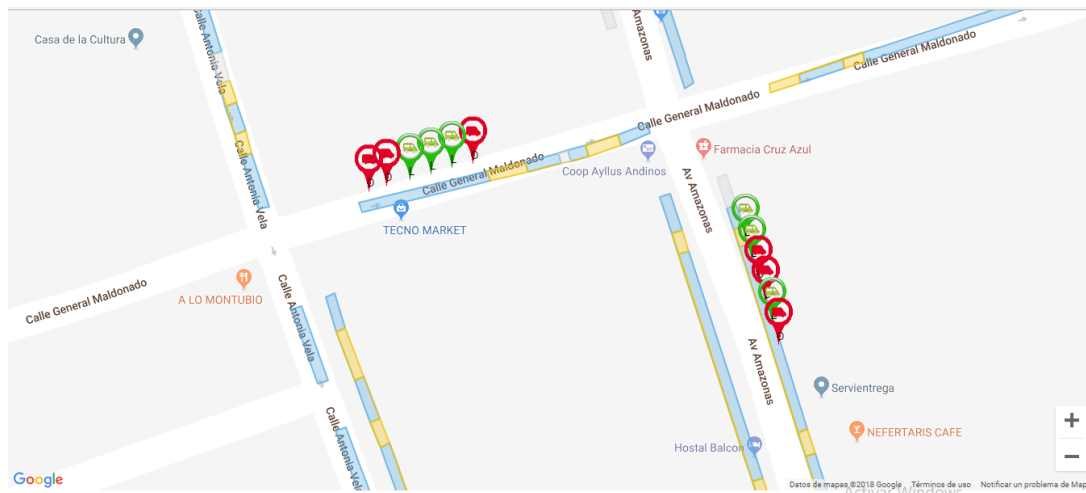


Figura 4.26: Página Web, lugares de estacionamiento

Fuente: Investigador

Para insertar el mapa como HTTP se utiliza la herramienta *Google Developers* que proporciona el servicio de Google Maps API. Contiene un archivo denominado “def1.php” y ubicado en directorio “htdocs/Database/login”. Con la clave de la API se da apertura para construir en el mapa base donde se despliega la información del estado de los sensores almacenada en la base de datos utilizando SQL, PHP, JavaScript y HTML.

```
<script async defer
src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyDkqUyVPax9JOD
kkkaQhLIQrIGH9OouVXY&callback=initMap">
</script>
```

El primer algoritmo ejecutado en la página Web es la consulta del último dato ingresado desde la tabla “estacionamientos” de la base de datos receptor1:

```
$query = "SELECT AMc16s2, AMc16s3, AMc16s4, AMc16s5, AMc16s6, AMc16s7,
Mcl1s1, Mcl1s2, Mcl1s3, Mcl1s4, Mcl1s5, Mcl1s6 FROM estacionamientos ORDER
BY id DESC LIMIT 1";
```

Los campos consultados se verán reflejados en los marcadores, inicialmente son almacenados en variables PHP y luego pasadas a variables JavaScript:

```
$var1 = $row["AMc16s2"];
if($var1=="LIBRE"){ $m1= "L"; }else{ $m1= "O"; }
var graf1='<?php echo $var1;?>';
```

Para inicializar un mapa de Google, se utiliza el siguiente código:

```
function initMap() {  
  // inicio de visualización de mapa  
  var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {  
    zoom: 16,  
    center: {lat: -0.93362160, lng: -78.61499810},  
    streetViewControl: false,  
    mapTypeId: 'terrain'  
  });  
};
```

Según el estado de la variable se crea el marcador y se le asigna la etiqueta “O” o “L” como se muestra en el siguiente extracto:

```
if(graf1=="LIBRE"){  
  var AMc16s2 = {lat: -0.93516044, lng: -78.61734988};  
  var marker = new google.maps.Marker({  
    position: AMc16s2,  
    map: map,  
    animation: google.maps.Animation.BOUNCE,  
    title: '<?php echo $var1;?>',  
    label:'<?php echo $m1;?>'  });  
}  
if(graf1=="OCUPADO"){  
  var AMc16s2 = {lat: -0.93516044, lng: -78.61734988};  
  var marker = new google.maps.Marker({  
    position: AMc16s2,  
    map: map,  
    animation: google.maps.Animation.BOUNCE,  
    title: '<?php echo $var1;?>',  
    label:'<?php echo $m1;?>'  });  
}
```

En la interfaz también se muestra un dibujo poligonal de cada espacio de estacionamiento del SIMTEL. Cada polígono fue dibujado con la herramienta “google.maps.Polygon”, donde se define el vector de puntos del polígono, color de línea, opacidad, ancho de línea, color de relleno y opacidad del relleno:

```

//CALIXTO PINO.
var puntosAzulC = [
  {lat: -0.92998808, lng: -78.62005865},
  {lat: -0.93000347, lng: -78.62004948},
  {lat: -0.92998351, lng: -78.61999173},
  {lat: -0.92996813, lng: -78.62000089},
    {lat: -0.92995636, lng: -78.61996694},
    {lat: -0.92997181, lng: -78.61995773},
    {lat: -0.92988371, lng: -78.61969924},
    {lat: -0.92986847, lng: -78.61970489} ];
var azulC = new google.maps.Polygon({
  paths: puntosAzulC,
  strokeColor: '#5DADE2',
  strokeOpacity: 0.8,
  strokeWeight: 2,
  fillColor: '#5DADE2',
  fillOpacity: 0.35 });
var puntosAmarilloC = [
  {lat: -0.92996813, lng: -78.62000089},
  {lat: -0.92998351, lng: -78.61999173},
  {lat: -0.92997181, lng: -78.61995773},
  {lat: -0.92995636, lng: -78.61996694}];
var amarilloC = new google.maps.Polygon({
  paths: puntosAmarilloC ,
  strokeColor: '#F1C40F',
  strokeOpacity: 0.8,
  strokeWeight: 2,
  fillColor: '#F1C40F',
  fillOpacity: 0.35
});

```

Para agregar los polígonos al mapa se utiliza la sentencia:

```

amarilloC.setMap(map);
azulC.setMap(map);

```

4.8.4 Desarrollo de Aplicaciones móviles

Las App móviles están desarrolladas para Android sobre la plataforma Android Studio, funcionan para versiones 4.4 o superiores del sistema operativo. Una de las herramientas que permite al usuario ver la información de una página web en la vista o actividad de la App es el “WebView”.

Para que la aplicación tenga acceso a navegar por internet, en el archivo “AndroidManifest” se incluye la siguiente línea:

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"></uses-permission>
```

Mientras que el “layout” creado para área de la vista Web, se define en el archivo “activity_main.xml” con su respectivo id “navegar”:

```
<WebView
    android:id="@+id/navegar"
    android:layout_width="412dp"
    android:layout_height="602dp"
    tools:ignore="MissingConstraints"
    tools:layout_editor_absoluteY="0dp" />
```

En la clase de actividad principal “MainActivity.java”, se hace referencia al id de la herramienta “navegar” y se carga el URL de la página que se quiere mostrar:

```
mywebView = (WebView) findViewById(R.id.navegar);
WebSettings webSettings = mywebView.getSettings();
webSettings.setJavaScriptEnabled(true);
mywebView.loadUrl("http://192.168.100.11:8080/DataBase/login/index.php");

mywebView.setWebViewClient(new WebViewClient());
```

Las aplicaciones móviles que se ofertan son:

- *EstacionamientosSimtel.*- Dirigido al personal de control del SIMTEL como controladores, inspectores y motorizados permite el acceso a la URL <http://192.168.100.11:8080/DataBase/login/index.php>, donde se puede acceder al mapa, creación de fichas de control y ver el estado, hora y fecha de los respectivos estacionamientos como presenta la Figura 4.27.

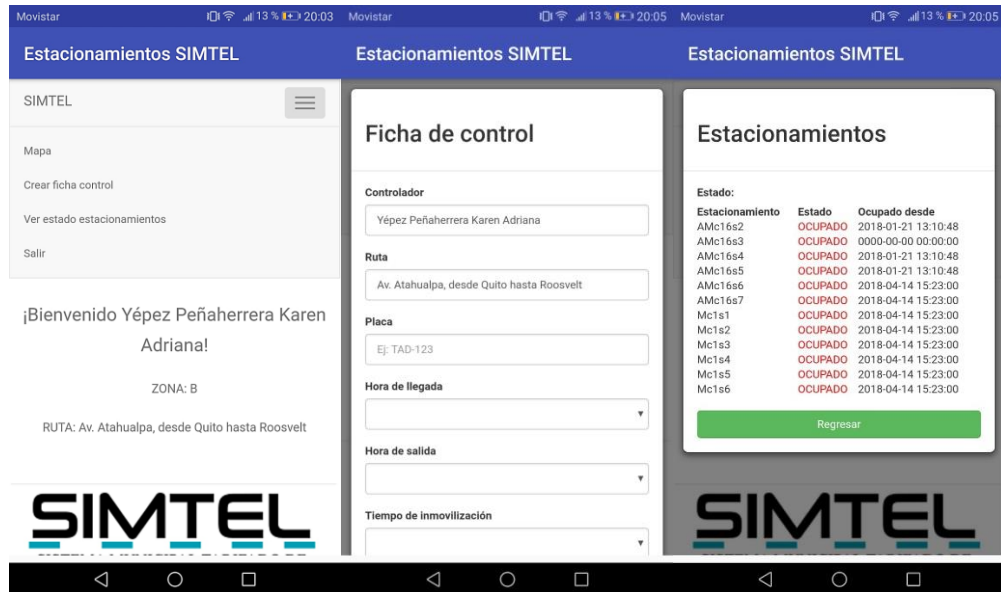


Figura 4.27: APP Estacionamientos.

Fuente: Investigador

- **UsuarioSimtel.-** Dirigido a los usuarios del SIMTEL <http://192.168.100.11:8080/DataBase/login/def1.php>, donde se puede acceder al mapa y ver el estado de la zona tarifada, distribuida en las calles y avenidas principales de la ciudad de Latacunga. La aplicación que se muestra en la Figura 4.28 el usuario podrá tener acceso a través de la página oficial del SIMTEL en la sección de ayuda al usuario.

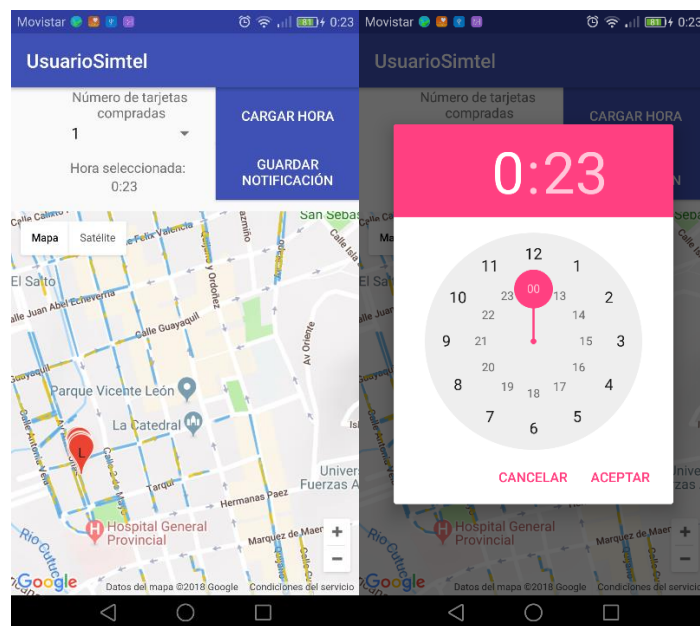


Figura 4.28: APP UsuarioSimtel.

Fuente: Investigador

4.9 Sistema de Gestión

El sistema de gestión orientado para los cargos que se desenvuelven en el SIMTEL tiene un control de acceso (*login*) como indica la Figura 4.29 para seleccionar y dirigir a los distintos flujos de trabajo; el empleado mediante un usuario y contraseña es redirigido a la ventana correspondiente:



Figura 4.29: Ventana de acceso al sistema de Gestión.

Fuente: Investigador

Los campos ingresados son comparados con la tabla nómina de la base de datos receptor1. Si los datos no son localizados se despliega un mensaje de *USUARIO NO IDENTIFICADO* o *CONTRASEÑA INCORRECTA* según corresponda, como se muestra en la Figura 4.30.

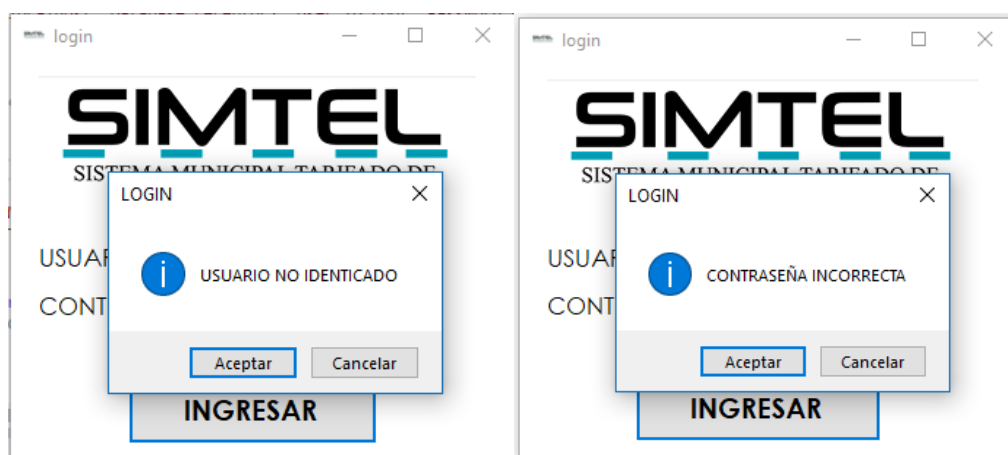


Figura 4.30: Alertas de error en Login.

Fuente: Investigador

Si los datos son localizados en la tabla nómina, la información correspondiente de la columna cargo es comparada con centralista o inspector, siendo estos los únicos cargos autorizados para continuar con el proceso. La Figura 4.31 despliega el mensaje de cargo no autorizado.



Figura 4.31: Alerta de acceso denegado.

Fuente: Investigador

El flujo de trabajo del cargo centralista se detalla en la Figura 4.32. La centralista debe ingresar el usuario y la contraseña correctos para ser dirigida a la interfaz *Centralista* que permite realizar el cobro de multas a usuarios y emitir el comprobante de pago. Transcurrido el día de labor la centralista debe cuadrar caja para culminar con el proceso.

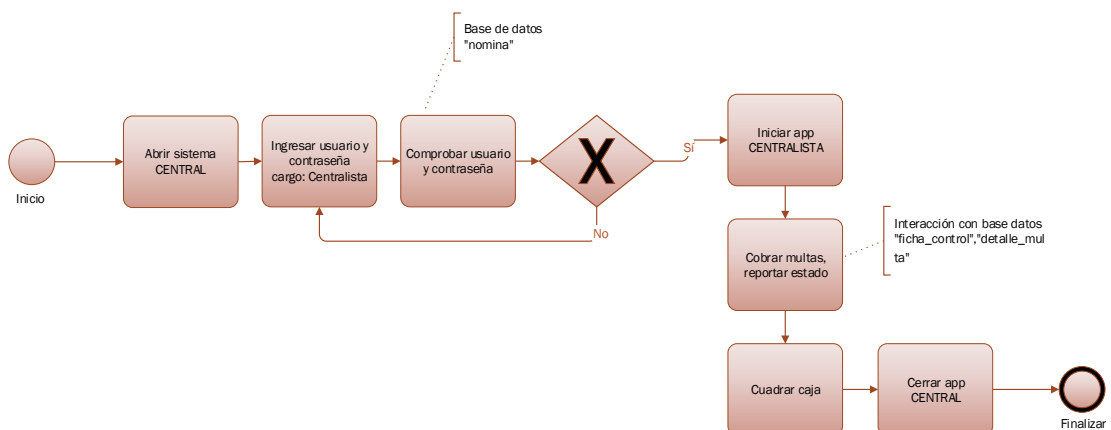


Figura 4.32: Flujo de trabajo Centralista.

Fuente: Investigador

centralista

SIMTEL
SISTEMA MUNICIPAL TARIFADO DE ESTACIONAMIENTO DE LATACUNGA

CONTROL Y REGISTRO DE PAGOS Y MULTAS

BUSCAR

id	placa	numero	controlador	ruta	horaLlegada	horaSalida	inmovilizacion	notificacion	multa	observacion	estado
29	qwe-123	29	Yépez Peñah...	Av. Amazon...	2/03/2018 12:12	2/03/2018 12:12	02:02:00	29	29	jols	PENDIENTE
31	qwe-123	31	Yépez Peñah...	Av. Amazon...	2/03/2018 12:12	2/03/2018 12:12	02:02:00	31	31	jols	PENDIENTE
32	qwe-123	32	Yépez Peñah...	Av. Amazon...	2/03/2018 12:12	2/03/2018 12:12	02:02:00	32	32	jols	PENDIENTE
33	qwe-123	33	Yépez Peñah...	Av. Amazon...	2/03/2018 12:12	2/03/2018 12:12	02:02:00	33	33	jols	PENDIENTE
34	qwe-123	34	Yépez Peñah...	Av. Amazon...	2/03/2018 12:12	2/03/2018 12:12	02:02:00	34	34	jols	pagado
35	TREGC'09	35	Yépez Peñah...	Av. Afahualp...	31/03/2018 1...	31/03/2018 1...	01:00:00	35	35	Ninguna	pagado
36	TAD123	36	Yépez Peñah...	Av. Afahualp...	14/04/2018 13	14/04/2018 1...	02:00:00	36	36	Sin placa	pagado

id	tipoMulta	subtotal
10	Inmovilizacion1	7,72
11	Inmovilizacion2	23,16
12	Inmovilizacion3	46,32
13	Grúa	54,04
14	Patío	7,72
15	TarjetaFalsificada	115,8
16	TarjetaAlterada	11,58
17	AusenciaTarjeta	11,58
18	RetiroVehiculo	77,2

TOTAL A PAGAR: \$ **509,52**

PAGO: \$

PAGAR

Figura 4.33: Interfaz Centralista.

Fuente: Investigador

La interfaz *Centralista* presentada en la Figura 4.33, extrae las columnas id, placa, numero, controlador, ruta, horaLlegada, horaSalida, inmovilizacion, notificacion, multa, observación y estado de la tabla *ficha_control* de la base de datos *receptor1*. A través de una búsqueda de la placa del vehículo sancionado se obtiene el resumen de las infracciones y el total que debe pagar. Una vez realizado el pago se actualiza el campo estado de la tabla *ficha_control* de la base de datos *receptor1* y es reflejada en la interfaz del controlador.

El flujo de trabajo del cargo inspector descrito en la Figura 4.34 inicia con el acceso en el *Login* para ser dirigido a la interfaz *Inspector*. Los inspectores delegan a controladores y motorizados las rutas diarias y un número de tarjetas de estacionamiento.

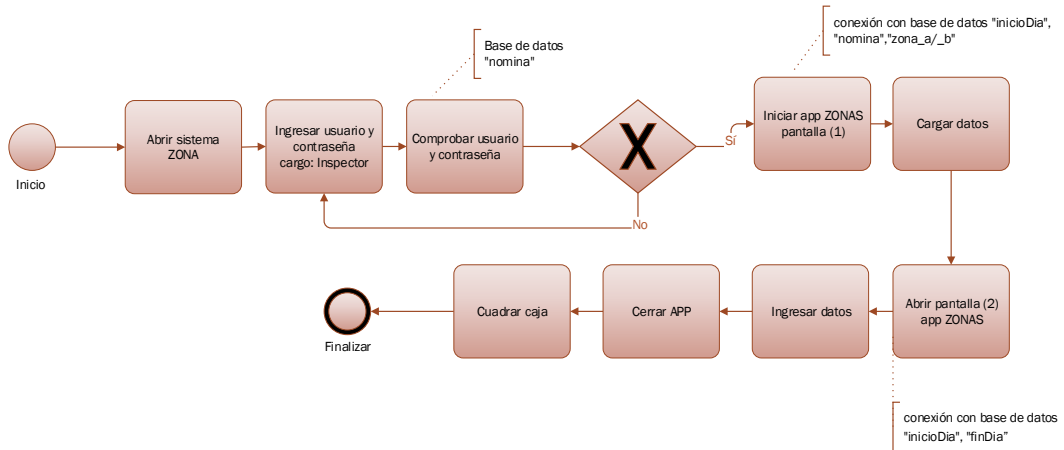


Figura 4.34: Flujo de trabajo Inspector.

Fuente: Investigador

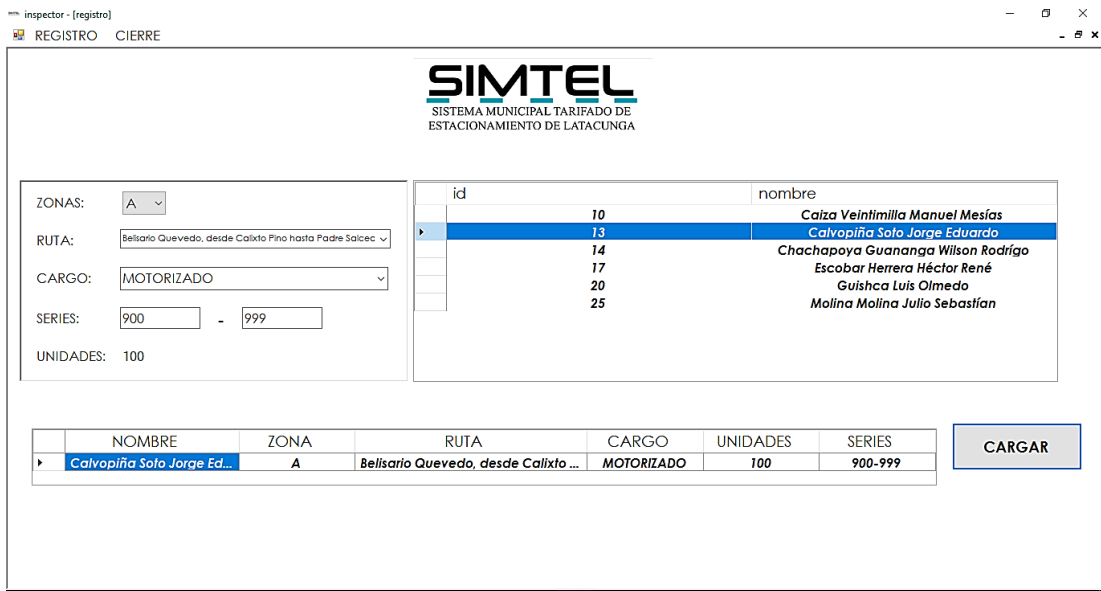


Figura 4.35: Interfaz Inspector_Registro.

Fuente: Investigador

La interfaz *Inspector* de la Figura 4.35 gestiona el registro diario de actividades: designa zonas, rutas y tarjetas de estacionamiento al personal. Al seleccionar la zona determinada se enlaza con la tabla zona_a o zona_b, respectivamente, de la base de datos receptor1 y despliega la lista de las rutas correspondientes. Los datos ingresados son almacenados en la tabla inicio_día de la base de datos receptor1, el controlador después de acceder con el usuario y contraseña correspondiente tiene acceso a la información asignada por el inspector.

Figura 4.36: Interfaz Inspector_Cierre.

Fuente: Investigador

En la interfaz *Cierre* de la Figura 4.36 el inspector al culminar el día laborar, selecciona el nombre en la lista del personal y toda la información ya registra iniciar el día se carga en la interfaz. El inspector únicamente registra el número de tarjetas vendidas y el sistema calcula el valor total de recaudo y las series de las tarjetas que deben ser devueltas por el personal. Se registra y envía información a la tabla *fin_día* gestionada por la base de datos receptor1.

4.10 Simulación del Sistema Electrónico de Gestión y Control del SIMTEL

Para verificar el funcionamiento y factibilidad de la arquitectura y topología del sistema electrónico, es necesario realizar una simulación de resultados que determine si el prototipo puede ser o no implementado a gran escala. Tomando en cuenta colapsos de red, cantidad de paquetes perdidos, retardos de conexión, distancia de operación de los transeptores, relación de entrega entre los nodos de adquisición de datos y el servidor Web que almacena, procesa y muestra la información.

El sistema diseñado y descrito ha sido simulado con OMNeT++ 5. Este software permite modelar redes alámbricas e inalámbricas con lenguaje NED, inicializándolas con archivos de configuración “.ini y .xml” y ejecutadas en un ambiente de simulación que permite ver cada evento que se suscita en la red planteada.

La simulación se ha creado en el Framework INET de OMNeT++, que puede ser descargado desde la página web oficial de OMNeT++. Este framework contiene las librerías necesarias para desarrollar la arquitectura y topología de red planteada para el sistema electrónico. Se encuentra dentro del directorio de INET, el directorio es: “C:\simulacion\inet\examples\simteli\wiredandwirelesshostsithap”.

La topología de red está descrita en dos fragmentos del archivo “redSimtel.ned”, el primer fragmento muestra la red Noroccidental:

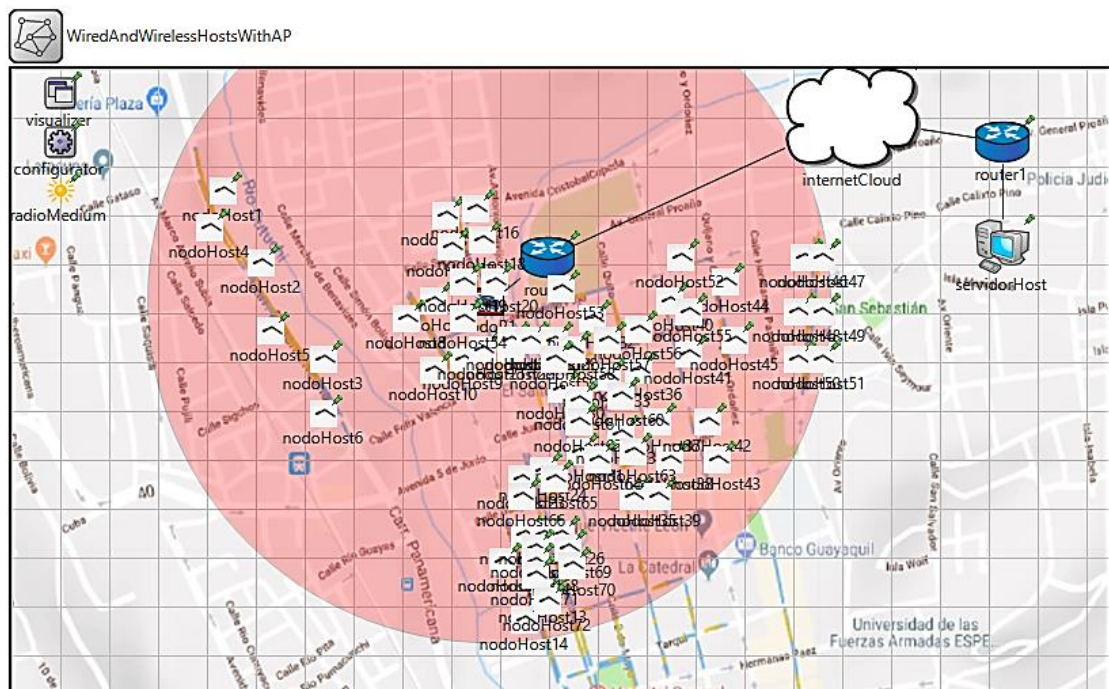


Figura 4.37: Descripción de red Noroccidente archivo NED.

Fuente: Investigador

La Figura 4.37 muestra 72 “nodoHost” numerados del 1 al 72, que representan a los emisores-arduino de la parte Noroccidental del área geográfica que cubre el SIMTEL. Cada “nodoHost” se conecta inalámbricamente al “nodoPI” dentro de un rango aproximado de 700 metros. Se ilustra con la circunferencia roja el rango de alcance del receptor-arduino o “nodoPI”, el mismo se conecta a un “router” con salida a la nube “internetcloud” (internet), hasta llegar al “router1” del servidor web “servidorHost”.

El segundo fragmento muestra la red Suroriental:

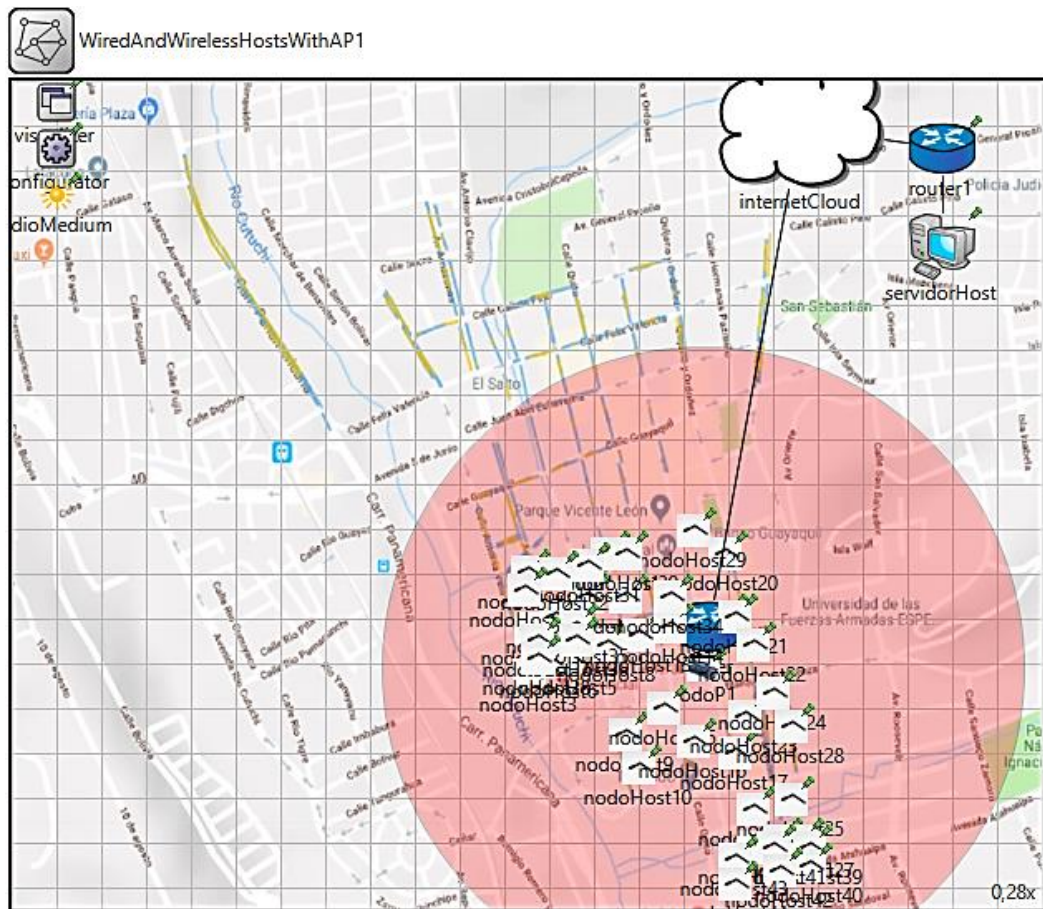


Figura 4.38: Descripción de red Suroriental archivo NED.

Fuente: Investigador

La Figura 4.38 detalla 44 “nodoHost” numerados del 1 al 44, que representan a los emisores-arduino de la parte Suroriental del área geográfica que cubre el Simtel. Cada “nodoHost” se conecta inalámbricamente al “nodoP1” dentro un rango aproximado de 700 metros. Se ilustra con la circunferencia roja el rango de alcance del receptor-arduino o “nodoP1”, el mismo se conecta a un “router” con salida a la nube “internetcloud” (internet), hasta llegar al “router1” del servidor web “servidorHost”.

Cada nodo contiene configuraciones básicas de funcionamiento y se establecen en el archivo “omnetpp.ini”:


```

#CONFIGURACIONES DE RADIO DE RECEPTORES Y TRANSMISORES
**.wlan[*].radio.bandwidth = 1MHz
**.wlan[*].radio.transmitter.power= 100mW
**.wlan[*].radio.receiver.sensitivity = -92dBm
**.wlan[*].radio.receiver.energyDetection = -92dBm

#CONFIGURACIONES ENVÍO DE DATO DE EMISORES AL RECEPTOR
**.*Host*.udpApp[*].typename = "UDPBasicApp"
**.servidorHost.udpApp[1].destAddresses = "nodoHost1"
**.servidorHost.udpApp[2].destAddresses = "nodoHost2"
**.servidorHost.udpApp[3].destAddresses = "nodoHost3"

#CONFIGURACIONES DE COMUNICACIÓN
**.*Host*.udpApp[1..].destPort = 1000
**.*Host*.udpApp[1..].messageLength = 100B
**.*Host*.udpApp[1..].sendInterval = exponential(2s)
**.*Host*.udpApp[1..].stopTime = 300s

```

4.11 Resultados y análisis

4.11.1 Resultados dispositivo electrónico

Detección del estado de plazas de parqueo

Los sensores infrarrojos emiten una señal en “1” lógico cuando el estado del lugar de estacionamiento es “LIBRE” y “0” lógico cuando es estado es “OCUPADO”. La Tabla 4.8 muestra los resultados de pruebas realizadas, los datos fueron obtenidos por medio del monitor serial del arduino receptor:

Tabla 4.8: Resultados dispositivo electrónico.

Trama de análisis	Calle	Sensor	Estado del lugar de parqueo	Valor leído en Arduino	Falla	Solución
1	Av. Amazonas (Ard. Mega)	AMc16s2	0	1	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro
		Amc16s3	1	1	-	-
		AMc16s4	1	1	-	-
		AMc16s5	1	1	-	-
		AMc16s6	1	1	-	-
		AMc16s7	1	1	-	-
	Av. General Maldonado (Ard. Uno)	Mc1s1	0	0	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
		Mc1s2	0	0	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
		Mc1s3	0	0	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
		Mc1s4	0	0	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
		Mc1s5	0	0	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
		Mc1s6	1	1	El dato tarda en llegar	Orientar adecuadamente la antena
2		AMc16s2	0	1	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro

	Av. Amazonas (Ard. Mega)	Amc16s3	1	1	-	-
		AMc16s4	1	1	-	-
		AMc16s5	0	1	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro
		AMc16s6	1	1	-	-
		AMc16s7	1	1	-	-
	Av. General Maldonado (Ard. Uno)	Mc1s1	0	0	-	-
		Mc1s2	1	0	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro
		Mc1s3	0	0	-	-
		Mc1s4	0	0	-	-
		Mc1s5	1	0	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro
		Mc1s6	0	1	Dato erróneo	Calibrar del potenciómetro
3	Av. Amazonas (Ard. Mega)	AMc16s2	1	1	-	-
		Amc16s3	1	1	-	-
		AMc16s4	1	1	-	-
		AMc16s5	1	1	-	-
		AMc16s6	1	1	-	-
		AMc16s7	1	1	-	-
	Av. General Maldonado (Ard. Uno)	Mc1s1	0	0	-	-
		Mc1s2	0	0	-	-
		Mc1s3	0	0	-	-
		Mc1s4	0	0	-	-
		Mc1s5	0	0	-	-
		Mc1s6	0	0	-	-

Elaborado por: Investigador

En las tramas de análisis 1 y 2 se presenta el estado real del lugar de parqueo que está alterado en relación a la lectura del arduino correspondiente, Las fallas detectadas son dos: dato erróneo y el dato tarda en llegar (más de 10 segundos).

Para el primer caso la solución es calibrar el potenciómetro incluido en el PCB del sensor infrarrojo, girando con un desarmador hasta obtener una correcta lectura digital. En el segundo caso alguna de las antenas no debe estar orientada correctamente, por lo que se la debe volver a fijar verticalmente con respecto al suelo.

Al solucionar estos dos inconvenientes como muestra la trama de análisis 3, los problemas se corrigen satisfactoriamente. El dato llega sin un retardo exagerado y la información leída en el arduino receptor no tiene alteraciones en comparación al estado real de los lugares de parqueo.

En caso de que alguna de las antenas se desconecte el monitor serie muestra el mensaje “Error inalámbrico”, se debe revisar las conexiones a los módulos RF, mientras tanto ninguna trama será recibida.

Los sensores ubicados al ras del asfalto detectan hasta 70 cm la presencia de un vehículo. El sensor en teoría reconoce objetos hasta 100 cm, este parámetro se reduce en la práctica debido al nivel de luz al que está expuesto el sensor.



Figura 4.39: Altura de chasis vehículo prueba

Fuente: Investigador

El emisor es ubicado en un poste de luz, aproximadamente a la mitad de la cuadra a 3 m de altura de la acera. Se conecta con cable multipar subterráneo para exteriores con un primer empalme para extender a lo largo de la cuadra y un segundo empalme de 2 pares dirigido hacia los sensores.

La longitud del cable que recorre cada una de las cuadras, conformadas por la zona azul, no afecta la lectura de estado de los sensores. Por ejemplo, a longitudes extensas como es el caso de la calle Eloy Alfaro y a longitudes cortas como en la calle Juan Abel Echeverría no existen pérdidas de datos debido a que el arduino interpreta valores

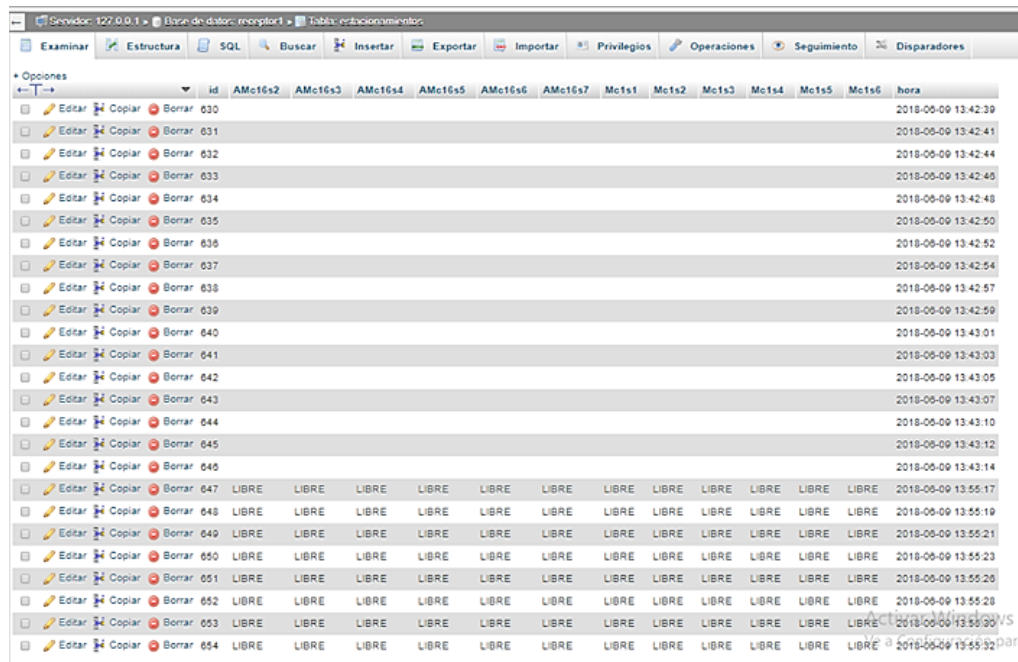
altos y valores bajos de voltaje, a pesar, de que existan variaciones de voltaje porque a mayor longitud mayor resistencia.

Si un objeto diferente al vehículo pasa por el sensor, pero no se mantiene estático, el evento se registra en la base de datos, pero al ser un tiempo esporádico, la visualización de este evento es imperceptible.

Enlace inalámbrico

Las antenas y el módulo inalámbrico NRF24L01 deben estar colocadas perpendicularmente con respecto al suelo, si existen inclinaciones considerables de las antenas la comunicación pierde estabilidad. Además, las antenas deben estar ubicadas a una corta distancia con respecto al Arduino para disminuir interferencias.

Cuando las antenas no están orientadas correctamente el dato se pierde y no es procesado por el servidor, en ese caso se inserta en la base de datos un valor “NULL” que refleja que la antena no está calibrada correctamente. La Figura 4.40 muestra la inserción de datos nulos en la base de datos receptor1 de MySQL por conexión inestable.



id	AMc16s2	AMc16s3	AMc16s4	AMc16s5	AMc16s6	AMc16s7	Mc1s1	Mc1s2	Mc1s3	Mc1s4	Mc1s5	Mc1s6	hora
630													2018-06-09 13:42:39
631													2018-06-09 13:42:41
632													2018-06-09 13:42:44
633													2018-06-09 13:42:46
634													2018-06-09 13:42:48
635													2018-06-09 13:42:50
636													2018-06-09 13:42:52
637													2018-06-09 13:42:54
638													2018-06-09 13:42:57
639													2018-06-09 13:42:59
640													2018-06-09 13:43:01
641													2018-06-09 13:43:03
642													2018-06-09 13:43:05
643													2018-06-09 13:43:07
644													2018-06-09 13:43:10
645													2018-06-09 13:43:12
646													2018-06-09 13:43:14
647	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:17
648	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:19
649	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:21
650	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:23
651	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:20
652	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:28
653	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:30
654	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	LIBRE	2018-06-09 13:55:32

Figura 4.40: Base de datos MySQL resultados antena no calibrada

Fuente: Investigador

4.11.2 Resultados de comunicación

Retardos de conexión

La simulación realizada permite obtener múltiples valores para realizar un seguimiento del sistema planteado. En la interfaz del simulador al ejecutar el archivo “*omnetpp.ini*”, la simulación arroja resultados dentro de directorio del proyecto en la carpeta “*results*”.

La Tabla 4.9 muestra resultados obtenidos de la transmisión de datos de un nodo durante 60 ss. Se indica el tiempo de envío de paquete, el tiempo de recepción y el diferencial de tiempo:

Tabla 4.9: Resultados de retardo de Simulación

Tiempo de envío (Arduino transmisor)	Tiempo de recepción (Servidor de datos)	Diferencia
3,0178101	5,65075	2,63294
6,23578516	7,99541	1,75962
10,3857769	12,42939	2,04361
11,4341064	14,54727	3,11316
12,3130529	15,79693	3,48388
12,4842473	16,40563	3,92138
1,40969316	3,93475	2,52506
16,9598161	19,39771	2,43789
17,8482548	20,83002	2,98177
19,2843563	22,88590	3,60154
19,438425	21,64570	2,20728
23,201922	25,74469	2,54277
25,305901	27,69234	2,38644
27,0302378	29,60334	2,57310
27,4639283	31,37571	3,91178
2,81643873	5,53765	2,72121
28,4923796	31,95953	3,46715
32,5396604	36,11545	3,57579
36,0865781	38,28084	2,19426
38,2913184	40,46151	2,17019
43,4122527	46,40961	2,99735
43,5320422	45,86135	2,32931
45,392813	47,89902	2,50621
45,5978861	47,81793	2,22005
47,0191454	50,23464	3,21549

49,9295553	53,36512	3,43557
50,2817412	52,42065	2,13891
53,6123559	56,15121	2,53885
54,3271873	56,83605	2,50886
56,7319233	59,25626	2,52434
56,8909251	59,68499	2,79406
58,2727109	61,82921	3,55650
PROMEDIO [Segundos]		2,78176

Elaborado por: Investigador

El retardo de conexión se toma en cuenta desde el envío inalámbrico de información desde el arduino-transmisor (puntos azules) hasta la llegada del dato al servidor Web (puntos rojos). En la Figura 4.41 se puede observar con referencia en el eje X (tiempo), Y (tamaño de paquete):

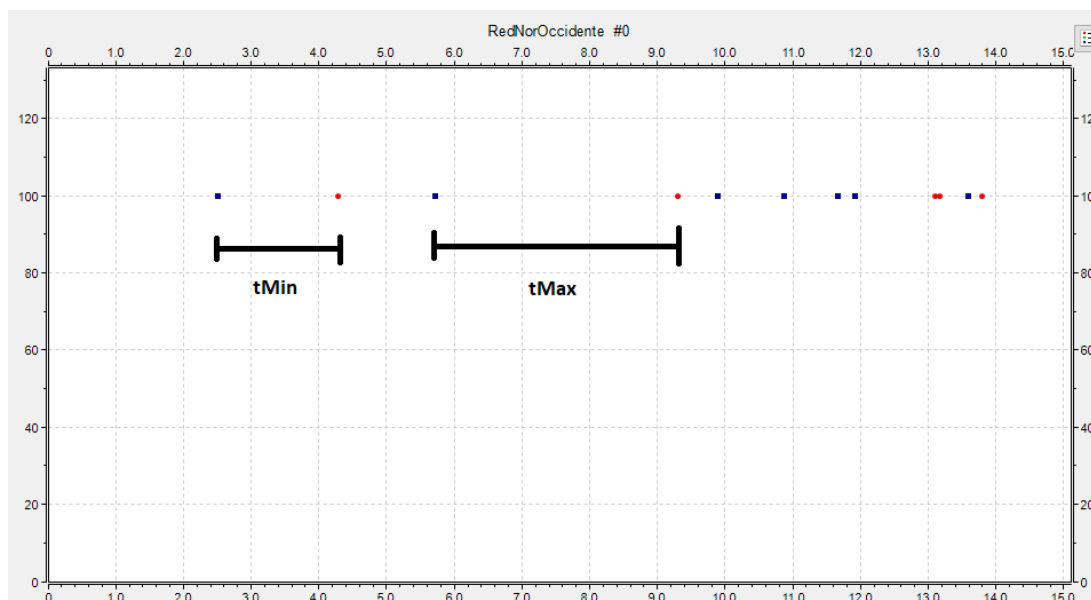


Figura 4.41: Retardo de conexión.

Fuente: Investigador

Como se indica la Figura 4.41, el tiempo mínimo (tMin) de llegada de paquetes y el tiempo máximo (tMax) que un paquete puede tardar en llegar al servidor. El tiempo mínimo detectado en la simulación es de 1,75962 segundos, y el máximo es de 3,57579 segundos, en promedio un paquete de hipertexto tardará en llegar al servidor 2,78176 segundos. Este resultado indica que el tiempo de recepción es razonable y no interfiere en el funcionamiento del sistema planteado.

Según la simulación el retardo promedio entre nodo emisor y el servidor de datos es de 2,78176 segundos, en la práctica ese tiempo es mucho más grande debido a la naturaleza del medio inalámbrico, interferencias externas, efectos de multitrayectoria, etc., las pruebas realizadas indican un retardo promedio de 9 segundos.

La Tabla 4.10 muestra un extracto de datos tomados desde el tiempo de envío de información del Arduino transmisor (tiempo consola Arduino) y su llegada al servidor de datos (tiempo de inserción en base de datos).

Tabla 4.10: Resultados de retardo en pruebas de campo.

Tiempo de envío (Arduino transmisor)	Tiempo de recepción (Servidor de datos)	Diferencia
17:33:01	17:33:11	00:00:10
17:34:12	17:34:18	00:00:06
17:34:25	17:34:32	00:00:07
17:45:28	17:45:40	00:00:12
17:50:20	17:50:33	00:00:13
18:01:52	18:02:10	00:00:18
18:03:15	18:03:22	00:00:07
18:03:33	18:03:37	00:00:04
18:05:12	18:05:22	00:00:10
18:05:44	18:05:57	00:00:13
18:05:58	18:06:06	00:00:08
18:08:34	18:08:39	00:00:05
18:09:00	18:09:05	00:00:05
18:09:40	18:09:46	00:00:06
18:10:17	18:10:34	00:00:17
PROMEDIO		00:00:09

Fuente: Investigador

Esto quiere decir que el usuario o controlador pueden ver la información actualizada en aproximadamente 9 segundos después de un cambio de estado del lugar de parqueo.

Relación de entrega y pérdida de paquetes

En el archivo de inicialización de la simulación se especifica que cada nodo envía información en intervalos aleatorios de aproximadamente 2 segundos, durante un tiempo de duración de 60 segundos. Es decir, para este análisis cada “*nodoHost*” transmitió 30 mensajes hacia el servidor. En total, 30 paquetes x 116 nodos = 3480 paquetes enviados al servidor. Los paquetes recibidos en el servidor llegan a los 3370,

la relación de entrega sería: $(3370/3480)*100\% = 96,84\%$. Este porcentaje es muy bueno aun cuando todos los nodos están funcionando constantemente, pocos paquetes se pierden en la red.

Enlace de radio

Teóricamente, los transceptores de radiofrecuencia, trabajando a 250 Kbps, tienen un alcance de 1000 m, con la simulación se demuestra que el nivel de interferencias y ruido generado, acorta este alcance a aproximadamente 700 m, con canales de ancho de banda de 1 MHz, potencia de transmisión de 100 mW y sensibilidad de los receptores de -92 dBm. También se ha podido comprobar que, para cubrir toda la zona geográfica, que controla el SIMTEL, son necesarios 2 arduinos receptores. El primer arduino deberá estar ubicado en las calles Amazonas y Guayaquil y el segundo arduino en las calles: Sánchez de Orellana y Marqués de Maenza.

4.12 Presupuesto

El análisis del presupuesto para el proyecto se divide en: presupuesto de estudio, presupuesto de prototipo y presupuesto de implementación.

En el presupuesto de estudio está considerado el tiempo de investigación y el tiempo de programación acumulado por horas de trabajo, el salario básico unificado mensual de un Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones determinado por el Ministerio de Trabajo corresponde a 858 dólares [48]:

1. Cálculo del salario bruto anual:

Salario mensual \times 12 meses

$$858.00 \times 12 = 10,296.00$$

2. Precio básico por hora:

Salario anual \div 2,080 horas posibles (8 horas \times 5 días \times 52 semanas)

$$10,296.00 \div 2,080 = 4.95$$

3. Cálculo del valor del tiempo dedicados a presupuestos, reuniones, venta, formación... (tiempo administrativo):

$50\% (2,080 \text{ hs. posibles} - 0 \text{ horas que no trabajarás}) \times 4.95 \text{ coste básico.}$

$$50\% \times 2,080 \text{ hs.} \times 4.95 = 5,148.00$$

4. Cálculo del total de gastos fijos:

*Alquiler mensual: 200.00 + Servicios mensuales: 120.00 + Autónomos mensual: 300.00
+ Otros gastos fijos mensuales: 200.00*

Gastos fijos mensuales 820.00 \times 12 meses = 9,840.00 fijos anuales

5. Suma del valor de las horas no trabajadas más el valor del tiempo de administración y el de los gastos fijos para obtener el precio extra anual de trabajo.

$$0.00 + 5,148.00 + 9,840.00 = 14,988.00 \text{ de precio extra anual}$$

6. Ganancia anual

*2,080 hs. posibles al año - 0 hs. de vacaciones, festivos e incapacidad
- 1,040 hs. de reuniones y presupuestos \times 4.95 coste básico*

$$1,040 \text{ horas de trabajo} \times 4.95 = 5,148.00 \text{ de beneficio anual.}$$

7. Cálculo del porcentaje de rentabilidad dividiendo el coste entre el beneficio.

$$14,988.00 \div 5,148.00 = 291.142\%$$

8. Para calcular la hora de trabajo se suma el porcentaje de rentabilidad y el porcentaje de beneficio deseado al precio básico

$$4.95 + 4.95 \times 291.142\% + 4.95 \times 20\% = \mathbf{20.35 \text{ por hora de trabajo.}}$$

Con un promedio de 200 horas de investigación y desarrollo el presupuesto de estudio es equivalente a **\$4070,00**. Los elementos necesarios para el diseño del prototipo se detallan en la Tabla 4.11:

Tabla 4.11: Presupuesto del prototipo

ELEMENTO	Unidades	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Arduino Mega 2560	c/u	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Arduino Uno	c/u	2	\$ 15,00	\$ 30,00
Ethernet shield Arduino	c/u	1	\$ 18,00	\$ 18,00
Transceptor NRF24L01	c/u	3	\$ 20,00	\$ 60,00
Módulo sensor Infrarrojo IR FC-51	c/u	12	\$ 3,00	\$ 36,00
Router wireless TP-LINK	c/u	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Protoboard	c/u	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Cable UTP	m	3	\$ 1,20	\$ 3,20
Espadines machos	c/u	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Epadines hembra	c/u	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Estaño	m	3	\$ 0,80	\$ 2,40
Fuente	c/u	1	\$ 5,00	\$ 5,00
Caja de prototipo	c/u	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Silicón	c/u	3	\$ 0,10	\$ 0,30
Bombillo Dicroico Halógeno 50[W] 110[V]	c/u	3	\$ 3,00	\$ 9,00
Cinta aislante	m	1	\$ 0,50	\$ 0,50
TOTAL			\$ 267,40	

Elaborado por: Investigador

El presupuesto de implementación a nivel de estudio de la zona tarifada en la ciudad de Latacunga se detalla en la Tabla 4.12:

Tabla 4.12: Presupuesto de Implementación

ELEMENTO	Unidades	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Arduino Mega 2560	c/u	78	\$ 25,00	\$ 1950,00
Arduino Uno	c/u	38	\$ 15,00	\$ 570,00
Raspberry Pi	c/u	2	\$ 60,00	\$ 120,00
Transceptor NRF24L01	c/u	118	\$ 20,00	\$ 2360,00
Módulo sensor Infrarrojo IR FC-51	c/u	2187	\$ 3,00	\$ 6561,00
Servidor AWS t2.xlarge estándar 3 años	paquete	1	\$ 917,00	\$ 917,00
Cabla multipar subterráneo para exteriores	m/pares	11 511	\$ 6,25	\$ 71943,75
Presupuesto de estudio y programación	horas	200	\$ 20,35	\$ 4070,00
Case para emisores Arduino Mega 2560	c/u	78	\$ 15,00	\$ 1170,00

Case para receptores Arduino Uno	c/u	38	\$ 15,00	\$ 570,00
Case para sensores	c/u	2187	\$ 3,00	\$ 6561,00
Construcción, cableado y mano de obra	Persona*día	20*150	\$ 20,00	\$ 60000,00
TOTAL			\$ 156 792.75	

Elaborado por: Investigador

En la Tabla 4.12 se detallan los metros necesarios de cable multipar subterráneo para exteriores los mismos que fueron calculados por la suma de las distancias de las secciones detallados en el Anexo2 más el incremento de 3 metros altura mínima considerada para ubicar los equipos transmisores y receptores.

Diario se estima una venta de 150 tarjetas por los controladores y motorizados dando un total de:

$$150 \text{ tarjetas} * 30 \text{ trabajadores} * \$ 0,25 = \$ 1\ 125 \text{ diarios}$$

Con la aplicación del Sistema de gestión se estima un incremento del 50% de efectividad por el seguimiento riguroso de las plazas de parqueo obteniendo un total de:

$$150 \text{ tarjetas} + 75 \text{ tarjetas por el incremento estipulado} * 30 \text{ trabajadores} * \$ 0,25 \\ = \$ 1\ 687,5 \text{ diarios}$$

Con un incremento de: $\$1\ 687,5 - \$ 1\ 125 = \$ 562,5$ diarios

Se estipula una recuperación de la inversión estipulando anualmente una labor de:

$$365 \text{ días anuales} - 48 \text{ domingos no laborables} - 11 \text{ días festivos} = 306 \text{ días}$$

$$306 * \$ 562,5 = \mathbf{\$172\ 125,00}$$

Obteniendo en un año la inversión realizada más una ganancia de:

$$\mathbf{\$172\ 125,00 - 156\ 792.75 = \$ 15\ 332,25}$$

CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- La gestión actual del SIMTEL a pesar de su registro diario en papel no es completamente verídica, además de requerir un doble esfuerzo al digitalizar la información, acumulando trabajo y retrasando reportes; la sistematización permite disminuir el uso de papel contribuyendo al medio ambiente y presentar reportes y registros a la fecha.
- Mediante tecnologías inalámbricas, móviles y los equipos electrónicos se presenta una propuesta económica que beneficia a todos los empleados del SIMTEL, sin que la tecnología suplante el trabajo humano, pero si optimizándolo.
- El sistema electrónico permite a todos los usuarios conocer la funcionalidad del SIMTEL, evitando el tráfico vehicular y haciendo mejor uso de los espacios de estacionamiento. Un usuario alerta y con conocimiento de sus deberes es un cliente satisfecho.
- La propuesta establecida se rige a las disposiciones actuales del SIMTEL, teniendo como referencia la ordenanza establecida el 15 de marzo del 2017, el estudio cuantitativo de la propuesta puede variar con la firma de una nueva ordenanza.

5.2 Recomendaciones

- Es necesario que los sensores estén colocados a ras del suelo dentro de un encapsulado que limite la exposición a la luz para que el rango de sensado se mantenga aproximadamente a 70 centímetros. El encapsulado de preferencia metálico debe aislar completamente la penetración de líquidos e impurezas.
- Los arduinos transmisores y receptores deben ser colocados a una altura mínima de 3 metros, debido a la conexión de la antena transceptora para lograr el alcance esperado de transmisión, además de evitar daños en el equipo por los transeúntes.
- Es recomendable, en ambientes de alta interferencia, trabajar en los últimos 25 canales para evitar interferencias con redes bluetooth y wifi. Al existir disponibles únicamente 25 canales, en una implementación a gran escala, se debe enviar la información de los arduinos en diferentes tiempos y a una misma frecuencia.
- Para la implementación del sistema se recomienda reemplazar a los arduinos receptores por tecnología Raspberry Pi. Para un mejor proceso de los datos a recibir, debido a la cantidad necesaria de sensores que cubren la zona tarifada en la ciudad de Latacunga.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Navas y N. Pruna, «Evaluación estratégica de la calidad del servicio que brinda el SIMTEL a la ciudad de Latacunga,» Mayo 2008. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2997/1/T-ESPEL-0521.pdf>.
- [2] Consejo Municipal del cantón Latacunga, «La Ordenanza que Regula el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la Ciudad de Latacunga,» Latacunga, 2017.
- [3] Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Latacunga, «SIMTEL,» Copyright ©, Latacunga, 2017.
- [4] Agencia Nacional de Tránsito-2016, «Anuario de transporte 2016,» 2016. [En línea]. Available: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/Estadistica%20de%20Transporte/2016/2016_AnuarioTransportes_Graficos.xlsx. [Último acceso: 18 Julio 2018].
- [5] Consejo Nacional, «LEY ORGANICA DE REGIMEN MUNICIPAL, CODIFICACION,» Septiembre 2004. [En línea]. Available: http://www.lamerced.gob.ec/web/images/la_merced/descargas/lotaip2015/bas_elegal/leyorganicamunicipal/LEYORGANICAMUNICIPAL.pdf.
- [6] P. Pesantez, H. Quito y P. Méndez, «Integración de redes inalámbricas heterogéneas para la captura y comunicación de datos en línea usando Internet para tener una solución ubicua,» Escuela Politécnica Nacional, Noviembre 2007. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9900>.
- [7] C. Santamaría, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA PARA PARQUEO UTILIZANDO UNA RED DE SENSORES INALÁMBRICOS,» Escuela Politécnica Nacional, 18 Julio 2016. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16507>.

- [8] A. Asaduzzaman, C. Kishore y M. Muhammad, «A Time and Energy Efficient Parking System Using ZigBee Communication Protocol,» 9 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7132927/>.
- [9] L. Lirong, Z. Yunmei, L. Shanshan, Y. Chen, L. Tianqi y X. Xinyuan, «Design of Intelligent Infrared Vehicle Detect,» 2014. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7382804/>.
- [10] G. Shahzad, A. Waheed, Y. Heekwon y L. Chankil, «Sensor Fusion based Energy Efficient and Sustainable Smart Parking System,» 3 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7224766/>.
- [11] Z. Fengli y L. Qing, «Parking Guidance System Based on ZigBee and Geomagnetic Sensor Technology,» 2014. [En línea]. Available: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6999101/>.
- [12] P. Segovia, «Sistema Electrónico de asignación de estacionamientos para el Centro Comercial Popular “El Salto”,» Abril 2015. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/10389>.
- [13] W. Pérez, «Aplicación Web para la distribución de espacios disponibles de parqueo en la Universidad Técnica de Ambato campus Huachi Chico.,» Noviembre 2014. [En línea]. Available: <http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/8532?locale=en>.
- [14] L. Rosales, «Smart Parking es un sistema que resuelve los problemas de estacionamiento tradicional, utiliza un detector de ultrasonidos para comprobar el estado de estacionamiento en una pantalla de orientación, con espacio de estacionamiento y mediante luces para gui,» Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13461/1/UPS-GT001798.pdf>. [Último acceso: 8 Abril 2018].
- [15] V. Calle, «SISTEMAS DE ESTACIONAMIENTO,» Abril 2014. [En línea]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/54226585.pdf>. [Último acceso: 8 Abril 2018].

- [16] S. Enrique, «Definición de Sistema Electrónico Digital,» de *Sistemas electrónicos digitales. Fundamentos y diseño de aplicaciones*, Valencia, 2002, pp. 17-25.
- [17] W. Tomasi, «Sistemas Electrónicos de Comunicaciones,» de *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, México, Pearson Educación, 2003, pp. 1-13.
- [18] Ó. Torrente, «Sistema Electrónico,» de *ARDUINO: Curso práctico de formación*, México, Alfaomega Grupo Editor, 2013, pp. 60-65.
- [19] R. Pallás, «Introducción a los sistemas de medida,» de *Sensores y Acondicionadores de Señal*, Barcelona, Marcombo, S.A, 2003, pp. 5-10.
- [20] L. Corona, G. Abarca y J. Mares, «Sensores y Transductores,» de *Sensores y actuadores. Aplicaciones con Arduino*, México D. F., Patria, S.A., 2014, pp. 17-35.
- [21] L. Llamas, «Ingeniería, informática y diseño,» Tutoriales Arduino, 2 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.luisllamas.es/detectar-obstaculos-con-sensor-infrarrojo-y-arduino/>. [Último acceso: 14 Abril 2018].
- [22] Web-Robótica.com, «Como usar el módulo sensor de Infrarrojos IR FC-51 para evitar obstáculos con Robot Arduino/Genuino,» 17 mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.web-robotica.com/arduino/conceptos-basicos-arduino/como-usar-el-modulo-sensor-de-infrarrojos-ir-fc-51-para-evitar-obstaculos-con-robot-arduinogenuino>. [Último acceso: 14 Abril 2018].
- [23] D. Aranda, «Hardware Libre,» de *Electrónica: plataformas Arduino y Raspberry Pi*, Buenos Aires, Red Users, 2014, pp. 80-100.
- [24] ARDUINO, «Entornos de desarrollo para Arduino,» enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc>. [Último acceso: 14 abril 2018].
- [25] J. Baydal, «Raspeberry,» Raspberry Pi Foundation, 2017. [En línea]. Available: www.raspberrypi.org. [Último acceso: 15 Abril 2018].

- [26] C. Guevara, «Lenguajes básicos de programación,» de *Sentencias básicas usadas en la programación de computadores*, Medellín, ITM, 2008, pp. 50-62.
- [27] R. Morales, «Lenguajes de programación,» 1 Septiembre 2014. [En línea]. Available: <https://colombiadigital.net/actualidad/articulos-informativos/item/7669-lenguajes-de-programacion-que-son-y-para-que-sirven.html>. [Último acceso: 22 Abril 2018].
- [28] J. Pastor, «Lenguajes y entornos de programación,» 13 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/aplicaciones/en-lenguajes-programacion-los-que-mas-gustan-no-son-los-mas-populares-ni-los-que-dan-mas-dinero>. [Último acceso: 2018 Abril 22].
- [29] Universidad de Valladolid, «Sistemas de telecomunicación por rapido,» [En línea]. Available: https://www.tel.uva.es/personales/ramros/docencia/Guia_Docente_STR.pdf. [Último acceso: 5 Mayo 2018].
- [30] R. Iglesias, de *Instalación de Equipos y Sistemas de Comunicación Radioeléctricos*, España, Ideas Propias, Vigo, 2005, pp. 6-10.
- [31] M. Sands, R. Feynman y R. Leighto, «Bandas de frecuencias,» de *Electromagnetismo y materia*, vol. II, Addison-Wesley Iberoamericana, 1987, pp. 30-40.
- [32] P. Rinaldo, «Transceptor de Radiofrecuencia,» de *Guía internacional del radioaficionado*, Barcelona, Marcombo SA, 1995, pp. 50-62.
- [33] «Transceptores de Radiofrecuencia,» Electronilab, [En línea]. Available: <https://electronilab.co/tienda/modulo-transceptor-rf-nrf24l01-2-4-ghz-antena-sma-lna-y-pa/>. [Último acceso: 5 Mayo 2018].
- [34] A. Friends, «Entorno de desarrollo XAMPP,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.apachefriends.org/es/about.html#>. [Último acceso: 22 Abril 2018].

- [35] D. learning, «Servidor Web,» 17 Marzo 2012. [En línea]. Available: <https://www.digitallearning.es/blog/apache-servidor-web-configuracion-apache2-conf/>. [Último acceso: 22 Abril 2018].
- [36] O. Corporation, «MySQL,» Oracle Corporation, 2018. [En línea]. Available: <https://www.mysql.com/products/enterprise/database/>. [Último acceso: 22 Abril 2018].
- [37] J. Esteves, «Simulation Frameworks Environments and Techniques,» de *Simulation of Algorithms for Mobile Ad-Hoc Networks*, Porto, Facultad de ciencias Universidad de Porto, 2015, pp. 35-44.
- [38] D. Cruz, Evaluación de redes de sensores inalámbricos mediante el Simulador OMNeT++, Valencia, 2014.
- [39] A. Varga, OMNET++ Simulation Manual Version 5.0, 2016, pp. 1-18.
- [40] M. Pérez, «El sistema de control de gestión. Conceptos básicos para su diseño,» 14 Septiembre 2003. [En línea]. Available: <https://www.gestiopolis.com/sistema-control-gestion-conceptos-basicos-diseno/>. [Último acceso: 8 Abril 2018].
- [41] A. Padilla, «Congreso Científico Internacional Uniandes,» 30 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://www.uniandes.edu.ec/web/wp-content/uploads/2016/04/La-regulaci%C3%B3n-Administrativa-del-Sistema-de-Estacionamiento-Rotativo-Ordenado-y-Tarifado-en-la-ciudad-de-Puyo.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2018].
- [42] M. B. Merizalde, «Las 8 883 plazas de estacionamiento de zona azul en Quito están automatizadas,» *El Comercio*, 29 enero 2018.
- [43] M. Electrónica, «Ky-032 Sensor Infrarrojo De Obstáculos,» Copyright Monarca Electrónica, 2018. [En línea]. Available: <https://www.monarcaelectronica.com.ar/quienes-somos/>. [Último acceso: 2018].

- [44] A. Electronics, «Transceptor TB394 (Emisor-Receptor),» AV Electronics 2018, 2018. [En línea]. Available: <https://avelectronics.cc/producto/transceptor-tb394-emisor-receptor/>. [Último acceso: 2018].
- [45] Dealextrême, «Si4432 433MHz Módulo transceptor de RF para arduino,» DX Wholesale, [En línea]. Available: <http://www.dx.com/es/p/si4432-433mhz-wireless-rf-transceiver-module-w-antenna-for-arduino-raspberry-pi-army-green-379445#.W3UBFuhKjIV>. [Último acceso: 2018].
- [46] G. Circelli, «Transceiver de 433Mhz , ARDUINO,» Panamahitek, 1 agosto 2015. [En línea]. Available: <http://panamahitek.com/transceiver-de-433mhz-arduino-y-c/>.
- [47] N. M. SAC, «Tutorial básico NRF24L01 con Arduino,» [En línea]. Available: https://naylampmechatronics.com/blog/16_Tutorial-b%C3%A1sico-NRF24L01-con-Arduino.html. [Último acceso: 18 Mayo 2018].
- [48] L. Laura, «Calculadora para programadores Freelance,» cosmonauta, [En línea]. Available: <http://www.calculadorafreelance.com/#explicacion>. [Último acceso: 27 julio 2018].

ANEXOS

ANEXO 1

ARTÍCULOS DEL CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL QUE REGULAN LA CREACIÓN Y ORDENANZA DEL SIMTEL

- Numeral 1 del artículo 85 de la Constitución de la República establece que las políticas públicas y la prestación de bienes y servicios públicos se orientarán a hacer efectivos el buen vivir y todos los derechos y se formularán a partir del principio de solidaridad;
- Artículo 238 de la Constitución de la República, dispone que los gobiernos autónomos descentralizados gozarán de autonomía política, administrativa y financiera;
- Artículo 240 de la Constitución de la República, determina la facultad legislativa de los Gobiernos seccionales descentralizados, en el ámbito de sus competencias y jurisdicciones Territoriales;
- Numeral 6 del artículo 264 de la Constitución de la República, establece dentro de las competencias exclusivas de los gobiernos municipales el planificar, regular y controlar el tránsito y el transporte público dentro de su territorial cantonal;
- Artículo 5 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, en base de la autonomía política, administración y financiera que comprende el derecho y la capacidad efectiva de este nivel de gobierno para regirse mediante normas y órganos de gobierno propio en su respectiva circunscripción territorial bajo su responsabilidad sin intervención de otro nivel de gobierno en beneficio de sus habitantes. Así mismo manda que la autonomía financiera es la capacidad para generar y administrar sus propios recursos de acuerdo con la Constitución y la ley;
- Artículo 7 del Código de organización Territorial Autonomía y Descentralización establece la capacidad normativa de los consejos municipales para dictar normas de carácter general a través de ordenanzas acuerdos y resoluciones aplicables dentro su circunscripción territorial;
- Literal a) del artículo 54 del Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización, establece como una de las funciones de los gobiernos autónomos descentralizados promover el desarrollo sustentable de su circunscripción territorial cantonal, para la realización del buen vivir a través de la implementación de políticas públicas cantonales, en el marco de sus competencias constitucionales y legales;

- Artículo 55 literal b) del código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización determina como competencia exclusiva del GAD Municipal, ejercer control sobre el uso y ocupación del suelo del cantón;
- En ejercicio de las facultades que le concede el artículo 57 literal a), en concordancia con el artículo 322 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización. Expide: La Ordenanza que Regula Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la Ciudad de Latacunga.

CÓDIGO ORGÁNICO DE ORGANIZACIÓN TERRITORIAL, COOTAD

Ley 0

Registro Oficial Suplemento 303 de 19-oct.-2010

Última modificación: 16-ene.-2015

Estado: Vigente

Sección Tercera

Reclamos Administrativos:

- **Art. 392.- Reclamo.** - Dentro del plazo de treinta días de producidos los efectos jurídicos contra el administrado, éste o un tercero que acredite interés legítimo, podrá presentar reclamo administrativo en contra de cualquier conducta o actividad de las administraciones de los gobiernos autónomos descentralizados.

Las impugnaciones contra actos administrativos debidamente notificados se realizarán por la vía de los recursos administrativos.
- **Art. 393.- Sustanciación.** - En la sustanciación de los reclamos administrativos, se aplicarán las normas correspondientes al procedimiento administrativo contemplado en este Código, en todo aquello que no se le oponga.
- **Art. 394.- Resolución.** - La resolución debidamente motivada se expedirá y notificará en un plazo no mayor a treinta días, contados desde la fecha de presentación del reclamo. Si no se notificare la resolución dentro del plazo antedicho, se entenderá que el reclamo ha sido resuelto a favor del administrado.

Ordenanza que regula el SIMTEL

Art. 1.- Objeto. - Créase el Sistema Municipal Tarifado de estacionamiento de la ciudad de Latacunga, con el objeto de devolverles a todos los usuarios el derecho a utilizar la vía pública en forma organizada, ordenada y controlada, a través de la generación de una oferta permanente y continua de espacios libres para el estacionamiento vehicular.

Art. 2.- Organización y Designación del Personal. - El Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL se crea como una Dependencia Municipal a nivel de Jefatura, su estructura está constituida por el personal Administrativo y Operativo; que se requiere para su cabal funcionamiento. Para las designaciones que se pudiesen efectuar dentro de esta Dependencia Municipal en lo posterior, se deberá cumplir con lo que establece el artículo 60 literal i) del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y el artículo 5 de la Ley Orgánica de Servicio Público y más disposiciones aplicables a este caso.

Art. 3.- Modalidad de la Operación. - El Sistema Municipal Tarifado de estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL opera en forma convencional sin perjuicio de las innovaciones tecnológicas que puedan introducirse para lo cual el Gobierno Municipal deberá asignar recursos que permitan su funcionamiento.

Art. 4.- Horarios de Funcionamiento. - El horario de operación del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL será de lunes a viernes desde las 08h00 hasta las 18h00 y los sábados desde las 08h00 hasta las 19h00.

El tiempo máximo de estacionamiento continuo será de dos horas con la utilización de las respectivas tarjetas de estacionamiento.

Art. 5.- Delimitación de la zona regulada. - El Consejo Municipal en base a un estudio técnico presentado por la Unidad de Movilidad Tránsito y Transporte Terrestre y Seguridad Vial, en coordinación con la Dirección de Planificación previo conocimiento y recomendación de la Comisión de los Jurídico y Transporte del GAD Municipal del cantón Latacunga delimitará, ampliará o reducirá las zonas del SIMTEL. Las zonas en donde se aplica el Sistema Municipal Tarifado de

Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL como un medio de seguridad vial y de ordenamiento territorial, estarán comprendidas dentro de las siguientes avenidas y calles:

NORTE: Las calles Salache, Oscar Efrén Reyes, calles José de San Martín y Gatazo.

SUR: La Av. Atahualpa, calle Leopoldo Pino y Av. Cinco de Junio.

ESTE: La calle Roosevelt, calle Napo y Av. Eloy Alfaro.

OESTE: La calle Antonia Vela, calle Simón Bolívar, Melchor de Benavides y Av. Marco Aurelio Subia.

Los alrededores de plazas y mercados serán controlados por el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL, respetándose los espacios que el GAD Municipal del cantón Latacunga asignare a paradas de vehículos de alquiler.

Art. 6.- Señalización. - La Jefatura del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL será la responsable de implementar y mantener la señalización horizontal y vertical dentro del área delimitada.

La señalización vertical será de carácter informativo y de cumplimiento obligatorio e indicará en cada tramo de la calle o cuadra que el área está sometida a un régimen de estacionamiento regulado. La señalización horizontal demarcará la circulación vial, las plazas destinadas al estacionamiento y a las áreas de garaje y constituyen los únicos espacios de la vía pública urbana en los cuales está permitido estacionar ingresar y salir un vehículo, según el caso.

La señalización se la efectuará de acuerdo con la normativa vigente contemplada en la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad vial, así como en su reglamento general y en las normas reguladas por el INEN identificando el conjunto de plazas de estacionamiento y el uso o reserva tipificados.

Art. 7.- Obligatoriedad de Pago. - Para la ocupación de los espacios autorizados dentro de la zona asignada al Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL todos los vehículos públicos y privados están obligados a cancelar las tarifas establecidas en esta Ordenanza.

Exceptúese de la obligatoriedad de pago los vehículos de propiedad del GAD Municipal del cantón Latacunga y sus Empresas, así como los vehículos de la Policía Nacional, Defensa Civil, Cuerpo de Bomberos y Cruz Roja, quienes tendrán libre acceso al parqueo para el cumplimiento de sus funciones específicas.

Art. 8.- De los sitios reservados permanentes. - El Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL podrá conceder dentro de la zona azul lugares de estacionamiento reservados para los siguientes casos: hospitales, dos espacios; clínicas, un espacio; hoteles, un espacio; y accesos para áreas de estacionamiento vehicular de uso público, un espacio; quienes cancelarán una tasa mensual del 15% de una remuneración mensual unificada.

A los parqueaderos privados de uso público, se les asignará es espacio lateral necesario para facilitar el ingreso y salida de vehículos.

Art. 9.- Estacionamiento de vehículos de transporte comercial y público.- Las cooperativas, compañías o cualquier otra operadora de transporte comercial y público, mantendrán los espacios de estacionamiento autorizados cumpliendo las disposiciones que constan en la Ordenanza de Ocupación de la Vía Pública en vigencia, donde el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL deberá cobrar una tarifa de un dólar mensual por cada socio que tenga registrada la cooperativa, compañía o cualquier otra operadora de transporte público, de acuerdo al permiso de operación. El pago lo realizará cada año hasta el 31 de enero, a través de su representante legal.

El espacio que ocupen en la vía pública deberá sujetarse a la autorización emitida por el Gobierno Municipal el mismo que no podrá exceder de veinte metros lineales de calzada en sentido paralelo por dos metros de ancho o catorce metros lineales en bandera con respecto a la acera, de acuerdo con el informe técnico respectivo.

En caso de conflicto si los estacionamientos asignados a dichas cooperativas, de acuerdo al análisis y verificación de la UTM y del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad e Latacunga SIMTEL ocasionan conflicto a su operación y funcionamiento o se superponen con los espacios de estacionamiento tarifado, deberán ser reubicados de acuerdo a la planificación institucional previo informe correspondiente.

Art. 10.- De las Escuelas de Capacitación o de los Centros de Aprendizaje.- Las escuelas de capacitación para choferes o los centros de aprendizaje para conductores deberán pagar una tarifa equivalente a un dólar mensual por cada una de las unidades que posean, el área que podrá ser utilizada como sitio de estacionamiento de estas unidades no podrá exceder de 20 metros lineales de calzada en sentido paralelo por dos metros de ancho o 14 metros lineales en bandera con respecto a la acera, previo el informe técnico respectivo. A efecto de determinar el número exacto de unidades existentes en estas empresas o compañías la Jefatura del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL realizará las respectivas gestiones ante las autoridades de tránsito correspondientes de no existir dicha información el señor Jefe de SIMTEL dispondrá se realice un censo de manera inmediata.

Art. 11.- De la ocupación de los espacios de estacionamiento en el SIMTEL. - Para la ocupación de los espacios de estacionamiento que forman parte del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la Ciudad de Latacunga SIMTEL; dentro de los horarios y jornadas de funcionamiento establecidos en esta Ordenanza, los usuarios del sistema deberán emplear como medio a tarjeta prepago y/o el sistema tecnológico municipal que se implementare.

Art. 12.- Tarifa. - La tarifa establecida por la presente ordenanza, por la utilización privativa y uso temporal del espacio público vial como plaza de estacionamiento, debidamente demarcada y señalizada, dentro de la zona regulada y dentro del horario determinado se fija en \$ 0.25 centavos de dólar, valor que costará la tarjeta de estacionamiento que servirá para una hora o fracción, cuya vida útil culminará una vez utilizada la misma. Esta tarifa podrá ser revisada y reajustada, únicamente con aprobación del Consejo Municipal.

Art. 13.- Lugares para adquirir las tarjetas de estacionamiento. - La tarjeta de pago estará a disposición de los usuarios a través de los inspectores, controladores y motociclistas del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la Ciudad de Latacunga SIMTEL; además, en dependencias municipales y locales comerciales que tengan RUC.

A los locales comerciales para su comercialización, se asignará una comisión del 10% previo la suscripción de un convenio, en el que se establezcan las responsabilidades civiles y penales en caso de falsificación y/o mal uso.

Art. 14.- Forma de utilizar la tarjeta de estacionamiento. - Una vez adquirida la tarjeta, el controlador o el usuario registrara el mes, día, hora y minutos, perforándola o utilizando tinta permanente; siendo el tiempo máximo de estacionamiento continuo de dos horas; es decir, el equivalente al valor de dos tarjetas: debiendo ubicar las tarjetas al interior del vehículo en el tablero frontal en un sitio visible.

La tarjeta tarifada podrá ser modificada en su forma, estructura y diseño de acuerdo a la necesidad que la Dirección crea para dar seguridad al usuario.

Art. 15.- Por pérdidas o extravíos de bienes muebles o accesorios el vehículo del usuario. - El GAD Municipal no es responsable de pérdidas o extravíos de pertenencias de los usuarios del sistema tarifado, ni por daños al vehículo ocasionados por impericia del propio conductor o de otros conductores durante las maniobras de estacionamiento o salida del área de parqueo.

El control y vigilancia lo ejercerán los servidores públicos municipales del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la Ciudad de Latacunga SIMTEL, si bien permite que existan condiciones favorables para la seguridad de los vehículos contra la delincuencia, sin embargo, no compromete u obliga a la municipalidad a responder por actos delictivos suscitados mientras un vehículo se encuentre ocupando los espacios del estacionamiento del SIMTEL.

Art. 16.- Inmovilización de vehículos. - Se procederá a inmovilizar el vehículo una vez que ha concluido el tiempo autorizado en la tarjeta de estacionamiento. El servidor público municipal extenderá la notificación de la contravención cometida; si es un caso de personas sujetas a atención prioritaria el servidor público municipal solicitará la colaboración de los funcionarios responsables para el cobro de la multa en el lugar de la infracción son su respectivo comprobante de pago.

La escala de multas en función del tiempo excedido será la siguiente: TIEMPO
MULTA:

- De diez a sesenta minutos, el 2% de una Remuneración Básica Unificada
- De sesenta y uno a ciento veinte minutos, el 6% de una Remuneración Básica Unificada
- Si es mayor a ciento veinte minutos, el 12% de una Remuneración Básica Unificada.

Art. 17.- Costo de grúa. - El valor que deberá cancelar el usuario por servicio de grúa será del 14% de una Remuneración Básica Unificada.

Art. 18.- Costo de estacionamiento en patio de custodia. - El pago por estacionamiento en el patio de custodia del Sistema Municipal tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL, tendrá una tarifa diaria del 2% de una Remuneración Básica Unificada mediante comprobante de pago.

Para el custodio nocturno de los vehículos que han sido sancionados se contratará el servicio de Seguridad Privada o Municipal.

Art. 19.- Uso de tarjetas falsificadas. - Si el usuario hace uso doloso de una tarjeta falsificada su vehículo será inmovilizado y deberá pagar una multa del 30% de una Remuneración Básica Unificada que deberá ser cancelada en la oficina del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL previo la presentación del comprobante de pago al controlador del SIMTEL.

Si el usuario altera la tarjeta de estacionamiento su vehículo será inmovilizado y deberá pagar la multa del 3% de una Remuneración Básica Unificada que deberá ser cancelada en la oficina del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL y para el retiro del vehículo deberá presentar el comprobante de pago al controlador del SIMTEL.

Art. 20.- Ausencia de tarjeta de estacionamiento. - Si el usuario hiciere uso de la plaza de parqueo; sin la utilización de la tarjeta de estacionamiento deberá pagar la multa del 3% de una Remuneración Básica Unificada.

Si el tiempo de permanencia sin tarjeta es mayor 120 minutos se procederá a actuar con lo que manifiesta el artículo 21 de la presente Ordenanza.

Se considera como ausencia la no existencia de una tarjeta del SIMTEL en el instante que un agente o persona autorizada del sistema tarifado de estacionamiento proceda con la verificación y el control del buen uso del estacionamiento tarifado.

El usuario que haga uso del espacio de parqueo de la zona azul y utilizare una tarjeta sin marcar, incompleta o mal marcada, será sancionado con una multa del 3% de una Remuneración Básica Unificada.

Art. 21.- Retiro de vehículos mediante grúa o plataforma.- En el caso de que un vehículo se encuentre inmovilizado en el área de estacionamiento del SIMTEL por encontrarse estacionado más allá del tiempo máximo de permanencia; (dos horas), sin la respectiva tarjeta de estacionamiento; y también, si al encontrarse inmovilizado y hubiere concluido la jornada de funcionamiento del SIMTEL, sin que haya sido retirado por su conductor, el vehículo se presumirá que ha sido abandonado y será retirado por una grúa o plataforma Municipal, Policial o particular, al patio de custodia designado por el GAD Municipal del cantón Latacunga, en donde permanecerá hasta que su dueño presente el comprobante de pago.

El vehículo que se encuentre estacionado en las vías para circulación y paradas del transporte público urbano; que se estacione obstruyendo la circulación vehicular, en el costado opuesto del área de estacionamiento autorizada, en doble columna contigua a dicha área, ocupando lugares no autorizados tales como: veredas, parterres, zonas de seguridad peatonal, ingreso a garajes, parada de las cooperativas de camionetas y taxis, espacios destinados para personas discapacitadas, serpa inmovilizado; se presumirá abandonado y trasladado con la grúa o plataforma al patio de custodia.

Las personas que incurran en las infracciones descritas en este artículo cancelarán el 20% del salario básico unificado de trabajador privado más el costo de la grúa o plataforma que será fijado por el Gobierno Municipal.

Al momento que el vehículo sea retirado por la grúa o plataforma municipal, policial o particular se procederá a colocar stickers en las puertas y capot como sello de seguridad respectivos y presentar un registro fotográfico del vehículo en la vía, así como también de la parte interior del vehículo que respalda su levantamiento.

Art. 22.- Retiro de vehículos. - Para retirar el vehículo del patio de custodia de SIMTEL deberá presentar el propietario de vehículo los siguientes requisitos:

- Copia del comprobante del pago de la multa del SIMTEL
- Copia del comprobante del pago del traslado de la grúa.
- Copia del comprobante de pago por el garaje en el patio de custodio de acuerdo al número de días estacionados.
- Original y copia de la matrícula vehicular
- Copia de la cédula de ciudadanía del propietario del vehículo.

Art. 23.- De los ingresos económicos. - Los valores recaudados en el Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL se destinarán para sustentar su operación, propendiendo a su crecimiento, tecnificación y a otros proyectos a fines a sus competencias.

Art. 24.- Faltas cometidas contra los servidores y los bienes del SIMTEL. - El ciudadano que agrediere en forma verbal o física a los funcionarios del SIMTEL y /o funcionarios municipales; destruyan o se sustrajeren bienes del SIMTEL, serán puestos a órdenes de la autoridad judicial competente para que previo el cumplimiento de las formalidades legales y la normativa legal vigente de proceda a su juzgamiento.

Art. 25.- Espacios para personas con discapacidad. - Se otorgará espacios sin costo alguno por el tiempo de dos horas para personas con discapacidad, quienes deberán portar el sello mundial de discapacidad en su vehículo y/o presentar el respectivo carnet aprobado por el CONADIS debiendo respetar y utilizar única y exclusivamente los sitios debidamente señalizados y autorizados por el SIMTEL. En caso de incumplimiento se sujetará a las sanciones respectivas de conformidad con el artículo 11 numeral 2 de la Constitución de la República.

Art. 26.- Vehículos de carga.- Se permitirá el estacionamiento en la zona del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL a los vehículos de carga pesada, camiones, furgones, volquetas, únicamente en los horarios de 20h00 hasta las 06h00 del día siguiente para realizar actividades de carga y descarga, para lo cual se requerirá la intervención de los servidores municipales del SIMTEL, policía Nacional en forma conjunta con el respectivo organismo de control y tránsito.

Si los vehículos que sobrepasan las 3.5 toneladas ingresan y circulan en el centro histórico de la ciudad de Latacunga fuera de horario establecido deberán cancelar una multa equivalente al 20% de una Remuneración Básica Unificada.

Art. 27.- Vehículos que se encuentren realizando comercio informal.- Todo vehículo que se halle dentro del perímetro de la zona del Sistema Municipal Tarifado de Estacionamiento de la ciudad de Latacunga SIMTEL y/o alrededor de plazas y mercados y se encuentren realizando comercio informal independientemente que esté estacionado en un sitio autorizado o no, será inmovilizado en coordinación con la Policía Municipal y deberá cancelar una multa equivalente al 20% de una Remuneración Básica Unificada.

Art. 28.- Motocicletas y demás similares. - Las motocicletas y más similares que hagan uso del estacionamiento pagarán la tarifa de 0.25 USD., por cada hora o fracción sujetándose a las sanciones que determinan los artículos 16, 17, 18, 19 y 20 de esta Ordenanza.

Art. 29.- Ingresos vehiculares y paradas de buses urbanos. - Se respetarán los ingresos vehiculares a los inmuebles, en un ancho máximo de tres metros, así como el ingreso a parqueaderos públicos en solares no edificados, siempre y cuando cuenten con la respectiva autorización municipal para su funcionamiento.

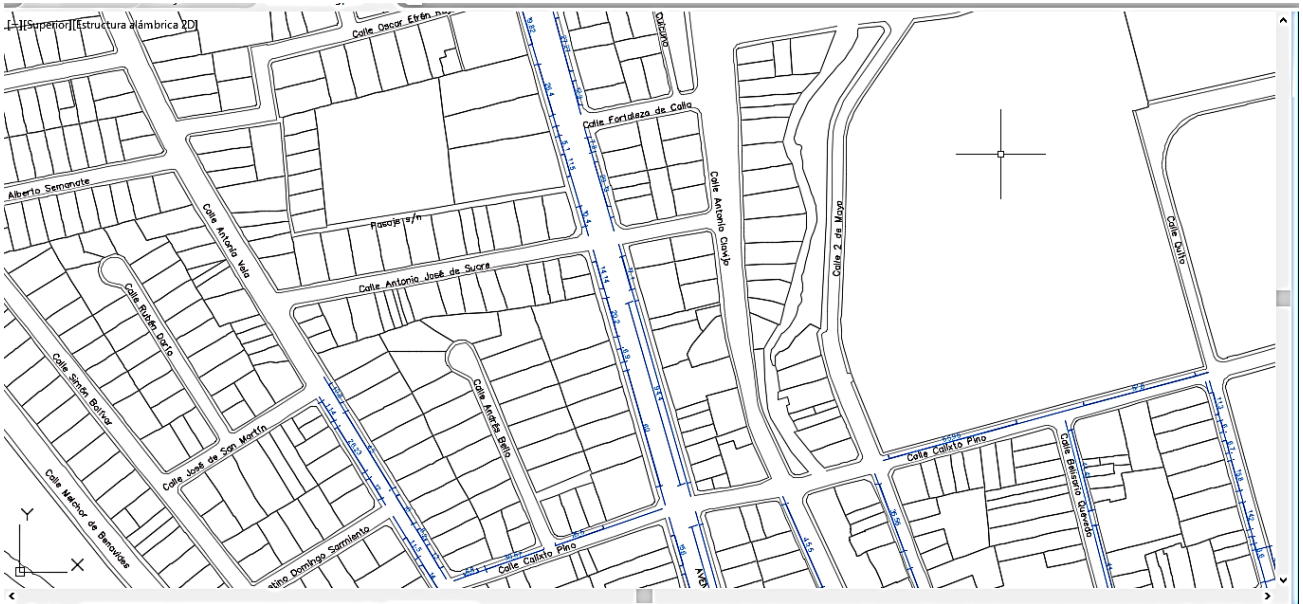
Los espacios de estacionamiento del SIMTEL no interferirán con las paradas de buses de transporte público urbano de pasajeros que se encuentren dentro del Sistema de acuerdo con un estudio técnico.

Art. 30.- Reclamo del usuario. - Es un derecho de todo usuario del sistema tarifado realizar los reclamos de conformidad con lo que determinan los artículos 392 al 394 del COOTAD.

ANEXO 2

MEDIDAS DE LAS SECCIONES AZULES QUE INTEGRAN EL SIMTEL EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, REPRESENTACIÓN EN AUTOCAD

Medidas de las secciones azules en la Avenida Amazonas, calle Antonio Vela, calle Calixto Pino.



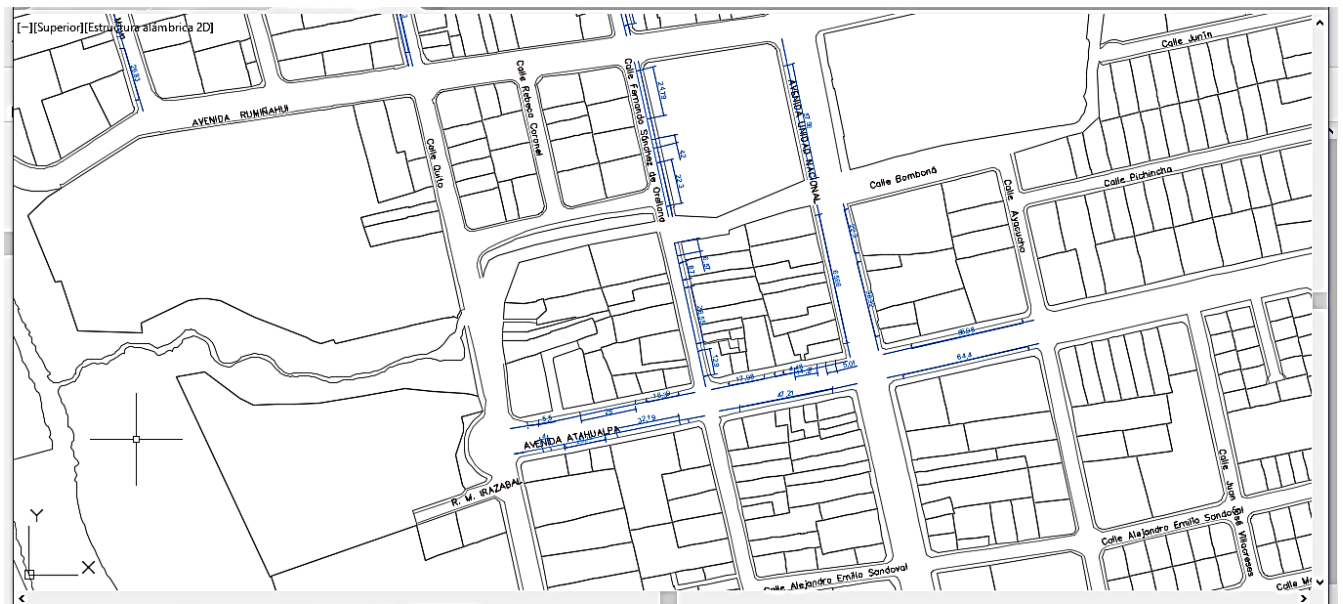
Medidas de las secciones azules en la Avenida Amazonas, calle Antonio Vela, calle Calixto Pino, calle Antonio Clavijo, calle Felix Valencia, calle Belisario Quevedo, calle Juan Abel Echeverría.



Medidas de las secciones azules en la calle Curaray, calle Quito, calle Dos de Mayo, calle Fernando Sánchez de Orellana.



Medidas de las secciones azules en la Avenida Unidad Nacional, Avenida Atahualpa, calle Sánchez de Orellana.



ANEXO 3

**TABLA RESUMEN DE LA CUANTIFICACIÓN DE SENSORES
NECESARIOS POR SECCIÓN DE CALLE.**

Mediante la medición de secciones azules de la zona tarifada realizada en la ciudad de Latacunga y con los cálculos necesarios se consigue el número de sensores por sección de calle que se detalla en la tabla siguiente.

CALLE	SECCIONES DE CALLE	NÚMERO DE SENSORES POR SECCIÓN DE CALLE
Eloy Alfaro	4	132, 38, 56, 25
Antonia Vela	11	22, 13, 21, 19, 25, 14, 21, 4, 12, 15
Av. Amazonas	13	19, 18, 26, 28, 14, 23, 22, 23, 15, 26, 12, 15, 21, 20, 10
Antonio Clavijo	2	23, 5
Dos de Mayo	7	21, 21, 30, 18, 15, 17, 18
Belisario Quevedo	7	21, 20, 25, 27, 16, 23, 10
Quito	7	20, 21, 23, 27, 18, 13, 40
Sánchez de Orellana	6	21, 19, 7, 17, 26, 13, 14
Quijano y Ordoñez	8	22, 24, 35, 16, 14, 46, 63
Unidad Nacional	2	32, 16
Curaray	1	35
Napo	6	15, 22, 19, 25, 17, 12
Calixto Pino	3	10, 38, 20
Feliz Valencia	5	5, 6, 15, 18, 21
Juan Abel Echeverría	3	2, 17, 16
Guayaquil	4	13, 12, 14, 14
Pastaza	2	13, 13
Manuel Salcedo	4	15, 13, 13
General Maldonado	5	12, 15, 15, 14, 9
Tarqui	5	10, 16, 14, 8, 9
Atahualpa	6	13, 14, 10, 12, 14, 16

ANEXO 4

**EXTRACTO DE CÓDIGO APLICACIONES E INTERFAZ PARA
EMPLEADOS DEL SIMTEL**

Extracto de código página principal Login:

```
namespace Centralista
{
    public partial class login : Form
    {
        public login()
        {
            InitializeComponent();
        }

        public string conexion = @"Data Source=localhost; Database=receptor1;
User ID=root; Password=root";

        public void busqueda()
        {
            MySqlConnection cn = new MySqlConnection(conexion);
            using (cn)
            {
                cn.Open();

                string sql1 = "SELECT contrasena FROM nomina" +
                " where contrasena = '" + contrasena.Text.ToUpper() + "'";
                try
                {
                    MySqlDataAdapter adapter = new MySqlDataAdapter();
                    MySqlCommand ad = new MySqlCommand(sql1, cn);
                    adapter.SelectCommand = ad;
                    DataSet ds = new DataSet();
                    adapter.Fill(ds);
                    String in_pwd;
                    in_pwd = Convert.ToString(ds.Tables[0].Rows[0][0]);
                    abrir_app();
                }
                catch (Exception a)
                {
                    MessageBox.Show("CONTRASEÑA INCORRECTA", "LOGIN",
                    MessageBoxButtons.OKCancel, MessageBoxIcon.Asterisk);
                }

                cn.Close();
            }
        }
    }
}
```

Extracto de código interfaz cargo centralista:

```
namespace Centralista
{
    public partial class centralista : Form
    {
        public centralista()
        {
            InitializeComponent();
            vistaFicha.Enabled = true;
        }
        public string conexion = @"Data Source=localhost; Database=receptor1;
User ID=root; Password=root";

        public void busqueda()
        {
            MySqlConnection cn = new MySqlConnection(conexion);
            using (cn)
            {
                cn.Open();
                string sql = "SELECT id,placa, numero, controlador,
ruta,horaLlegada, horaSalida" +
                    ", inmovilizacion, notificacion, multa, observacion,
estado FROM ficha_control" +
                    " where placa LIKE '%" + Placa.Text.ToUpper() + "%'";
                try
                {
                    MySqlDataAdapter adapter = new MySqlDataAdapter();
                }
                catch (Exception e)
                {
                    System.Console.WriteLine("MENSAJE SALIENTE " + e);
                }
                cn.Close();
            }
        }

        public string totalPagar()
        {
            MySqlConnection cn = new MySqlConnection(conexion);
            string s = "";
            using (cn)
            {
                cn.Open();
                string sql = "SELECT totalPagar FROM ficha_control" +
                    " where id= '" + vistaFicha.CurrentCell.Value.ToString() +
""";
                try
                {
                    while (rd.Read())
                    {
                        s = rd[0].ToString();}
                    return s; }
                catch (Exception e)
                {
                    System.Console.WriteLine("MENSAJE SALIENTE " + e);
                }
                cn.Close();
            }
        }
    }
}
```


Extracto de código interfaz cargo inspector:

```
namespace Centralista
{
    public partial class inspector : Form
    {
        public inspector()
        {
            InitializeComponent();
        }

        private void rEGISTROToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs
e)
        {
            registro registroDia = new registro();
            registroDia.MdiParent = this;
            registroDia.Show();
        }

        private void cIERREToolStripMenuItem_Click(object sender, EventArgs e)
        {
            cierreDia cierre = new cierreDia();
            cierre.MdiParent = this;
            cierre.Show();
        }

        private void txtVendidas_TextChanged(object sender, EventArgs e)
        {
            int unidades;
            int.TryParse(lblUnidades.Text, out unidades);
            int vendidas;
            int.TryParse(txtVendidas.Text, out vendidas);
            int devueltas = unidades - vendidas;
            if (devueltas < 0)
            {
                txtVendidas.Text = "";
                lblTDevueltas.Text = "";
                lblSeriesDev.Text = "";
                MessageBox.Show("Ingrese el número de tarjetas vendidas
correctamente", "Advertencia", MessageBoxButtons.OK,
MessageBoxIcon.Exclamation);
            }
            else
            {
                lblTDevueltas.Text = devueltas.ToString();
                string resultado = lblSeries.Text.Split('-').Last();
                int serieini;
                int.TryParse(resultado, out serieini);
                int seriesDev = serieini - devueltas + 1;
                lblSeriesDev.Text = seriesDev.ToString() + "-" +
resultado.ToString();

                double total = 0.25 * vendidas;
                lblTotal.Text = total.ToString("N2");
            }
        }
    }
}
```

ANEXO 5

FOTOGRAFÍAS DESARROLLO DE PROTOTIPO

Ubicación de los sensores IR FC-51, conexión.



Diseño final de la maqueta del prototipo y funcionamiento

