



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA TELEINFORMÁTICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA**

**ÁREA
REDES INTELIGENTES**

**TEMA
“DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA
CON TECNOLOGÍA ZIGBEE,USANDO SISTEMAS
EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL MONITOREO DE
DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO
VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL.”**

**AUTOR
IÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO**

**DIRECTOR DEL TRABAJO
ING. INF. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MSC.**

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022



ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Diseño y modelado de una red inalámbrica con tecnología ZIGBEE, usando sistemas embebidos y data science para el monitoreo de disponibilidad de espacio del estacionamiento vehicular para la facultad de Ingeniería Industrial		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Iñiguez Ponce Félix Danilo		
TUTOR(ES)/REVISOR(ES) (apellidos/nombres):	Ing. Infor. Zurita Hurtado Harry Alfredo, MSC./ Ing. Elec. Gallegos Zurita Diana Ercilia, MG.		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Facultad de Ingeniería Industrial		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero en Teleinformática		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	28 de septiembre del 2022	No. DE PÁGINAS:	103
ÁREAS TEMÁTICAS:	Redes Inteligentes.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Inteligente, Zigbee, Inalámbrica, Servidor, Raspberry Pi.		
<p>RESUMEN/ABSTRACT (150-200 palabras):</p> <p>Resumen El uso del automóvil con el fin de trasladarse de un sitio a otro cada vez se hace cada vez de forma más recurrente, cada vez que nos movilizamos tenemos que llevarlo de un parqueo a otro. Que es el lugar donde muchas veces permanecen la mayor cantidad de tiempo. Por este motivo es necesario la implementación de estacionamientos vehiculares automatizado e inteligente, que ofrezca seguridad al usuario. Por esto se realizó una red inalámbrica con tecnología ZigBee que trabaja en conjunto con el estándar IEEE 802.15.4 orientado en la creación de múltiples nodos sensores inalámbricos, con el fin de gestionar el monitoreo del estacionamiento de la facultad de ingeniería industrial, a un costo reducido, baja velocidad de transmisión y teniendo mayor autonomía, que permite visualizar la disponibilidad de estacionamiento a través de un servidor local alojado en un raspberry pi modelo 2B, analizando la información a través de un cálculo estadístico. En las pruebas realizadas se evidencia la funcionalidad y rendimiento de la red.</p> <p>Abstract The use of cars to move from one place to another is becoming more and more recurrent, every time we move our car, we have to take it from one parking lot to another. Which is the place where it often stays the longest. For this reason, it is necessary to implement automated and intelligent vehicle parking, which offers security to the user. This thesis proposed and creates a</p>			

wireless network with Zigbee technology that works in conjunction with the IEEE 802.15.4 standard, oriented towards the creation of multiple wireless sensor nodes, in order to manage the parking lot monitoring of the Industrial Engineering Faculty, at a reasonable cost, reduced, low transmission speed and having greater autonomy, which features such as viewing the availability of parking through a local server hosted on a raspberry pi model 2B, analyzing the information through a statistical calculation. In this thesis we test the functionality and performance of the network.

ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0989065613	E-mail: felix.iniguezp@ug.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Ing. Ramón Maquilón Nicola	
	Teléfono: 593-2658128	
	E-mail: direccionTi@ug.edu.ec	



**ANEXO XII.- DECLARACIÓN DE AUTORÍA
Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA
INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO
COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES
NO ACADÉMICOS FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA
CON FINES NO ACADÉMICOS**

“DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”

Yo, **IÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO**, con C.C. No. **0923366678**, certifico que los contenidos desarrollados en este trabajo de titulación, cuyo título es **“DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”** son de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN*, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.



Firmado electrónicamente por:
**FELIX DANILO
INIGUEZ PONCE**

IÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO

C.C. No. 0923366678



**ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE
DE SIMILITUD
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Habiendo sido nombrado **ING. INF. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MSC.** tutor del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **ÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO**, con mi respectiva supervisión como requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO EN TELEINFORMÁTICA.

Se informa que el trabajo de titulación: “DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”, ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa Antiplagio (TURNITIN) que- dando el 7% de coincidencia.



<https://ev.turnitin.com/app/carta/es/?ro=103&u=1133713920&lang=es&s=1&o=1904569395>



Firmado electrónicamente por:
**HARRY ALFREDO
ZURITA HURTADO**

ING. INF. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MSC.
TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
CC: 0910561372
FECHA: 20/09/2022



ANEXO VI. - CERTIFICADO DEL DOCENTE-TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 20 de septiembre del 2022.

Sr (a).

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, MG.

Director (a) de Carrera Ingeniería en Teleinformática / Telemática

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD DE
GUAYAQUIL.**

Ciudad. -

De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación
**“DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA
ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL
MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO
VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL”** del
estudiante **IÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO,**

indicando que ha cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

- El trabajo es el resultado de una investigación.
- El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.
- El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.
- El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que el estudiante está apto para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**HARRY ALFREDO
ZURITA HURTADO**

ING. INF. ZURITA HURTADO HARRY ALFREDO, MSC.

TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CC: 0910561372

FECHA: 20/09/2022



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



Guayaquil, 22 de septiembre del 2022

Sra.

Ing. Annabelle Lizarzaburu Mora, Mg.

Directora de Carrera Ingeniería en Teleinformática /

Telemática- **FACULTAD DE INGENIERÍA**

INDUSTRIAL UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

Ciudad. -

De mi consideración:

Reciba un cordial saludo, mediante la presente pongo a conocimiento el informe correspondiente a la revisión final del Trabajo de Titulación, titulado: **DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON TECNOLOGÍA ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA SCIENCE PARA EL MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO DEL ESTACIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL** del estudiante, **IÑIGUEZ PONCE FÉLIX DANILO**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- Estructura y redacción de la memoria
- Rigor científico
- Pertinencia e impacto social

Adicional, debo mencionar que se constató en la memoria, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como, las páginas preliminares solicitadas cumplan con los requisitos requeridos para la presentación del Trabajo de Titulación.

Con la clasificación obtenida en la Revisión del Trabajo de Titulación, el estudiante está apto para avanzar a la fase de sustentación.

Particular que pongo a conocimiento para los fines académicos y administrativos correspondientes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**DIANA ERCILIA
GALLEGOS ZURITA**

ING. ELEC. GALLEGOS ZURITA DIANA ERCILIA, MG.

DOCENTE TUTOR REVISOR

C.C. 1204926313

FECHA: 22 DE SEPTIEMBRE DEL 2022

Dedicatoria

Este triunfo se lo quiero dedicar a Cecibel Irlanda Ponce quien con mucho sacrificio me ha dado su mano y su hombro para poder llegar hasta aquí y culminar esta etapa a mis hermanos: Jelber, Tanya y Liz las cuales han sido un pilar fundamental a lo largo de mi vida, forjándome un carácter lleno de valores y buenos principios, impulsándome a dar lo mejor de mí y que nunca deba de rendirme ante cualquier adversidad.

Este trabajo de titulación quiero dedicarles a mis abuelos maternos Efrén Ponce Sánchez y Olfa Arreaga Reyes que desde el cielo me brinda su bendición y también quiero dedicarle a mi abuela Olga Freire.

También quiero dedicarle este merito a mis tías Narcisa Ponce y Georgina Arreaga, ya que estuvieron en gran parte de mi niñez y adolescencia educándome y corrigiéndome, evitando tomar malas decisiones a una temprana edad.

Quiero dedicar este logro a quien en vida fue parte del proceso de enseñanza dedicando vocación a la docencia y dejando un gran legado al Ing. Plinio Andrade Greco

¡Gracias por todo!

Agradecimiento

Agradezco de por vida a mi familia que, sin ellos esto no se pudiera cumplir y a las personas que poco a poco han ido coincidiendo en mi camino como es el caso de Andrzej

Opolko.

También quiero agradecer a mi tutor el Ing. Harry Zurita Hurtado gracias a sus conocimientos pudo orientarme en el proceso de titulación.

Quiero darle las gracias a Daniel Guerrero y Jonathan Arias quienes fueron mis consultores en el proceso de tesista.

Y por último quiero darles las gracias a mis compañeros de estudios Alfredo Jiménez, Danny Cortázar, Ronny Proaño entre otros compañeros quienes fueron un soporte más, volviéndonos amigos en esta larga travesía.

Índice general

N°	Descripción	Pág.
	Introducción	1

Capítulo I El problema

N°	Descripción	Pág.
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	Contexto Internacional	3
1.1.2.	Contexto Local	3
1.1.3.	Contexto Organizacional	5
1.2.	Área de Ecuador y FII	6
1.3.	Delimitación del problema	6
1.4.	Objetivo de la investigación	6
1.5.	Formulación del problema de investigación	6
1.6.	Justificación	7
1.7.	Objetivos	8
1.7.1.	Objetivo General	8
1.7.2.	Objetivos Específicos	8
1.8.	Hipótesis	8
1.9.	Análisis de variables	8
1.9.1.	Variable dependiente	8
1.9.2.	Variable Independiente	8
1.10.	Pregunta de investigación	9
1.11.	Alcance del proyecto	9

Capítulo II Marco teórico

N°	Descripción	pág.
2.1.	Antecedentes del Estudio	10
2.2.	Definiciones conceptuales	10
2.3.	Importancia red informática	11
2.4.	Red informática	11

2.5.	Medios de transmisión	11
2.5.1.	Conexión alámbrica	11
2.5.1.1.	Característica de conexión alámbrica	12
2.5.2.	Conexión inalámbrica	12
2.5.2.1.	Característica de conexión inalámbrica	12
2.6.	Red inalámbrica con sensores	12
2.6.1.	Componente de una red inalámbrica de sensores	13
2.6.1.1.	Coordinador	13
2.6.1.2.	Router	13
2.6.1.3.	Dispositivo terminal	13
2.6.1.4.	Elementos adicionales	13
2.6.1.4.1.	Estación base	13
2.6.1.4.2.	Área de trabajo	14
2.7.	Topologías de Red	14
2.7.1.	Topología punto – punto	14
2.7.2.	Topología estrella	14
2.7.3.	Topología árbol	15
2.7.4.	Topología malla	16
2.8.	Estándar IEEE 802.15.4	16
2.9.	Origen del nombre ZigBee	19
2.9.1.	Etimología de la palabra ZigBee	20
2.10.	Protocolo ZigBee	20
2.10.1.	Subcapa de Soporte	24
2.10.2.	Estructura de Aplicación	25
2.10.3.	Servicio de Parejas Clave-Valor	25
2.10.4.	Servicio de Mensajes	25
2.11.	Fundamentos de comunicación de la capa de Aplicación	26
2.11.1.	Perfiles	26
2.11.2.	Clúster	26
2.11.3.	Direccionamiento de Terminales	27
2.12.	Monitoreo de espacio de estacionamiento	27
2.12.1.	Dispositivo de monitoreo	28
2.12.1.1.	Sensor de proximidad	28
2.12.1.2.	Sensor de campo magnético	29

2.12.1.3.	Sensor de intensidad luminosa	29
2.12.1.4.	Cámara	29
2.12.1.5.	Central de monitoreo	29
2.13.	Data Science	30
2.14.	Que es Data Science	30
2.15.	Preguntas que se pueden responder con el Data Science	30
2.16.	Marco legal	32

Capítulo III

Metodología

N°	Descripción	Pág.
3.1	Metodología	33
3.1.1.	Metodología bibliográfica	33
3.2.	Requerimientos del prototipo	34
3.3.	Requerimientos de usuario	34
3.4.	Requerimientos de sistema	34
3.5.	Comparación de proveedores	35
3.6.	Módulos ZigBee	35
3.7.	Sensores	36
3.7.1.	Sensor ultrasónico	37
3.7.2.	Sensor magnetómetro	38
3.7.3.	Microcontroladores	40
3.8.	Datos de entrada	41
3.9.	Datos de salida	41
3.10.	Estructura del nodo sensor	42
3.11.	Elementos de la red Inalámbrica	43
3.11.1.	Sensor Dual	43
3.11.1.1.	Sensor Ultrasónico HCSR-04	43
3.11.1.2.	Sensor Magnético HMC5883L	44
3.11.1.3.	Arduino Nano	45
3.12.	Codificación del Nodo Sensor	45
3.12.1.	Conexión del nodo Sensor	52
3.13.	Modelamiento y ubicación de modulo sensor	53
3.14.	Estructura central de monitoreo	54
3.15.	Estructura del nodo coordinador	54

3.15.1.	Configuración del nodo coordinador	55
3.15.2.	Configuración de parámetros en XCTU	55
3.15.3.	Configuración de los módulos Xbee	56
3.15.4.	Pruebas de comunicación de la red Inalámbrica	57
3.16.	Conexión del coordinador con el Raspberry Pi	61
3.17.	Desarrollo del software de control	61
3.17.1.	Instalación sistema operativo del Raspberry pi	62
3.17.2.	Lectura del Nodo coordinador al Raspberry	63
3.18.	Gestor de Base de Datos	64
3.18.1.	Instalación de la base de datos	64
3.18.2.	Conexión a la base de datos	66
3.19.	Instalación del Framework	66
3.19.1.	Interfaz gráfica	68
3.20.	Predicción del tipo de cambio de disponibilidad de estacionamiento	69
3.20.1.	Regresión lineal en R	70
3.20.2.	Funcionamiento del sistema de estacionamiento en lenguaje R	70
3.20.3.	Código de regresión lineal RStudio	71
3.20.4.	Pruebas de regresión lineal RStudio	72
3.21.	Análisis de la hipótesis	74
3.22.	Costo de inversión	75
3.23.	Conclusiones	76
3.24.	Recomendaciones	77
	Anexos	78
	Bibliografía	90

Índice de tablas

Nº	Descripción	Pág.
1.	Ventas de automóvil de los últimos 3 años.	4
2.	Problema provocado por la carencia de estacionamiento	5
3.	Ventajas y desventajas de tipos de las topologías.	17
4.	Frecuencia de la bandas ISM.	18
5.	Comparativa de diferentes redes inalámbrica.	24
6.	Distancia de transmisión.	26
7.	Comparativa ZigBee de diferentes fabricantes.	36
8.	Comparativa adaptadores XBee a Usb de fabricantes	37
9.	Comparativo sensor magnético.	43
10.	Comparativa entre diferentes modelos de Arduino	40
11.	Clasificación de estados.	42
12.	Parámetros de los módulos en la plataforma XCTU.	56
13.	Pruebas de la red inalámbrica.	58
14.	Resultados de prueba de conexión interior a exterior	59
15.	Prueba de conexión mayor distancia.	60
16.	Comandos para instalar el gestor de base datos	65
17.	Comandos de la Base de Datos test	65
18.	Comandos para crear Express	67
19.	Costo total del prototipo.	75

Índice de figuras

Nº	Descripción	Pág.
1.	Ubicación del Facultad de Ingeniería Industrial.	6
2.	Topología Punto a Punto.	14
3.	Topología Estrella.	15
4.	Topología Árbol.	15
5.	Topología Malla.	16
6.	Modelo de referencia OSI y del IEEE 802.	17
7.	Capa física y capa de enlace del estándar IEEE 802.15.4.	19
8.	Gráfico de transferencia vs. Rango.	21
9.	Protocolo ZigBee de la capa de red y capa de aplicación,	22
10.	Radio de señal de ruido frente a otros protocolos,	23
11.	Formula de Distancia del sensor proximidad.	38
12.	Funcionamiento de sensor ultrasónico, Tomado de Piero.	38
13.	Campo magnético de la Tierra afectada por un vehículo liviano.	39
14.	Formula del campo Magnético del sensor magnetómetro.	39
15.	Esquema del nodo sensor.	42
16.	Módulo Xbee S2C con sus especificaciones.	43
17.	Sensor ultrasónico HC-SR04 con sus especificaciones.	44
18.	Sensor magnetómetro HMC5883L con sus especificaciones.	44
19.	Arduino nano con sus especificaciones.	45
20.	Código del nodo sensor en Arduino.	46
21.	Conexión del Xbee por medio de un USB adapter hacia la PC	47
22.	Detención del puerto COMUN	48
23.	Identificación del módulo Xbee en el programa XCTU..	48

24.	Configuración de parámetros en el programa XCTU.	49
25.	Estructura del nodo sensor en el programa Proteus.	50
26.	Conexiones de prueba del nodo sensor.	51
27.	Conexiones de prueba del nodo coordinador.	51
28.	Prueba del nodo coordinador.	52
29.	Esquema del sistema en general.	53
30.	Modelamiento en 3D del estacionamiento	54
31.	Configuración del nodo Coordinador.	55
32.	Trama API.	55
33.	Conexión Switch to Network Working.	57
34.	Prueba de comunicación por consola de la red inalámbrica.	57
35.	Prueba de cobertura de la red inalámbrica.	58
36.	Test de cobertura interior a exterior con 16 metros de distancia.	59
37.	Test de cobertura interior con 22 metros de distancia.	60
38.	Conexión entre el Raspberry pi y el Xbee.	61
39.	Diagrama del Software del servidor.	62
40.	Adaptador de Sd.	62
41.	Comandos para actualizar los repositorios de Raspbian.	63
42.	Datos recibidos de los Xbee en Python.	64
43.	Gestor de bases de datos Xbee.	65
44.	Conexión a la base de datos en Python.	66
45.	Raíz del Raspbian	67
46.	Raíz del Raspbian con la carpeta misitio.	68
47.	Interfaz gráfica del sistema de estacionamiento.	69
48.	Código de regresión lineal en R.	71
49.	Calculo Data Science en RStudio.	72
50.	Gráfica de las variables de RStudio	73
51.	Instalación XCTU.	79
52.	Compatibilidad XCTU.	79
53.	Instalación IDE Arduino.	80
54.	Nodo Sensor elaborado en baquelita.	81
55.	Instalación Raspberry Pi.	82
56.	Programa Rufus.	82
57.	Booteo S.O. en Rufus.	83

58.	Código del nodo sensor.	84
59.	Código del nodo sensor.	85
60.	Código Arduino del nodo sensor.	86
61.	Código del coordinador en Python.	87
62.	Código del coordinador en Python.	88
63.	Código HTML del sitio web.	89



**ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (ESPAÑOL)
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



**“DISEÑO Y MODELADO DE UNA RED INALÁMBRICA CON
TECNOLOGÍA ZIGBEE, USANDO SISTEMAS EMBEBIDOS Y DATA
SCIENCE PARA EL MONITOREO DE DISPONIBILIDAD DE ESPACIO
DEL ESTACIONAMIENTO VEHICULAR PARA LA FACULTAD DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL”**

Autor: Iñiguez Ponce Félix Danilo

Tutor: Ing. Inf. Zurita Hurtado Harry Alfredo, Mg.

Resumen

El uso del automóvil con el fin de trasladarse de un sitio a otro cada vez se hace cada vez de forma más recurrente, cada vez que nos movilizamos tenemos que llevarlo de un parqueo a otro. Que es el lugar donde muchas veces permanecen la mayor cantidad de tiempo. Por este motivo es necesario la implementación de estacionamientos vehiculares automatizado e inteligente, que ofrezca seguridad al usuario. Por esto se realizó una red inalámbrica con tecnología ZigBee que trabaja en conjunto con el estándar IEEE 802.15.4 orientado en la creación de múltiples nodos sensores inalámbricos, con el fin de gestionar el monitoreo de estacionamiento de la facultad de ingeniería industrial, a un costo reducido, baja velocidad de transmisión y teniendo mayor autonomía, que permite visualizar la disponibilidad de estacionamiento a través de un servidor local alojado en un raspberry pi modelo 2B, analizando la información a través de un cálculo estadístico. En las pruebas realizadas se evidencia la funcionalidad y rendimiento de la red.

Palabras claves: Inteligente, Zigbee, Inalámbrica, Servidor, Raspberry Pi.



**ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN (INGLÉS)
FACULTAD INGENIERÍA INDUSTRIAL
CARRERA INGENIERÍA EN TELEINFORMÁTICA**



DESIGN AND MODELING OF A WIRELESS NETWORK WITH ZIGBEE TECHNOLOGY, USING EMBEDDED SYSTEMS AND DATA SCIENCE FOR MONITORING THE AVAILABILITY OF VEHICULAR PARKING SPACE FOR THE FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Author: Iñiguez Ponce Félix Danilo

Tutor: Engr, Zurita Hurtado Harry Alfredo, MSc.

Abstract

The use of cars to move from one place to another is becoming more and more recurrent, every time we move our car, we have to take it from one parking lot to another. Which is the place where it often stays the longest. For this reason, it is necessary to implement auto-mated and intelligent vehicle parking, which offers security to the user. This thesis proposed and creates a wireless network with Zigbee technology that works in conjunction with the IEEE 802.15.4 standard, oriented towards the creation of multiple wireless sensor nodes, in order to manage the parking lot monitoring of the Industrial Engineering Faculty, at a reasonable cost, reduced, low transmission speed and having greater autonomy, which features such as viewing the availability of parking through a local server hosted on a raspberry pi model 2B, analyzing the information through a statistical calculation. In this thesis we test the functionality and performance of the network.

Keywords: intelligent, Zigbee, wireless, server, Raspberry Pi.

Introducción

En la actualidad las redes guiadas y no guiadas han causado un impacto importante en el mundo de las telecomunicaciones, como es el protocolo 802.15.4. (ZigBee) que se basa en la transferencia de datos de bajo consumo en tiempo real de manera inalámbrica, convirtiéndose en los fundamentos necesarios para la domótica permitiendo el control y monitoreo de dispositivos enlazados a la red.

Mientras los sistemas embebidos (Raspberry) o también llamado Sistema de un Chip cumple un papel significativo en la automatización y optimización de tareas de control siendo un componente electrónico viable y accesible de implementar creando un puente entre la red y el servidor web, aprovechando el uso de bases de datos para luego tomar decisiones adecuadas con el Data Science.

Al mismo tiempo el Data Science al ser un campo interdisciplinario reconoce comportamientos clave, con el fin de extraer, analizar e interpretar la información aplicando la tecnología del presente y del futuro, la retroalimentación en tiempo real satisfaciendo las necesidades de los usuarios valiéndose en conjunto del campo de las matemáticas estadísticas y programación.

No obstante, dentro de la facultad de Ingeniería Industrial se considera necesario un método de control y organización que permita validar la disponibilidad de plazas de estacionamiento de vehículos para el personal administrativos, docentes y estudiantes con el objetivo de disminuir el periodo de búsqueda de parqueo desocupados.

Este estudio está constituido de la elaboración de 3 capítulos: En el cual en los dos primero están constituido a la recopilación de información preliminar que vinculada al tema, durante que el ultimo describe la elaboración y diseño mismo de la red. En la primera parte de este capítulo se menciona la descripción de los inconvenientes reciente en la gestión de parqueo de manera internacional, local y organizacional de esta forma indagando una comprensión más minuciosa del tema y cuál sería la posible solución.

En la sección del segundo capítulo en el cual se exterioriza las redes inalámbricas de sensores como técnica, aplicaciones y sus funciones. El tercer capítulo trata sobre el sistema de la red, el proceso que se usara y los elementos idóneos para realizar la implementación. De tal manera se presenta las evidencias y sus deducciones.

Capítulo I

El Problema

1.1. Planteamiento Del Problema

En la escenografía de la dinámica ciudad urbana, el aparcamiento se ha transformado en un trasfondo candente de discusión por que conduce a problema como la pérdida de tiempo. El 97 por ciento de los vehículos suelen estar aparcados esto quiere decir que 23 horas al día, 8.760 horas es lo que equivale a un año, del cual en un promedio usamos efectivamente el vehículo solo 260 horas y por cada traslado que hace el vehículo se necesita un estacionamiento tanto del lugar de partida como el lugar de destino.

La existencia de estos espacios es un factor importante al elegir si conducir en dirección a su destino. Este hecho puede inferir en la elección para comprar un vehículo, la falta de estacionamientos vehicular puede ser un motivo por el cual se decida no movilizarse, la oferta está por encima de la demanda.

En Ecuador la cifra de vehículos circulando va en aumento, según el parque automotor los automóviles matriculados en Ecuador, ascendió a más de 1.4 millones en la última década lo que situó la cifra por encima de los 2.4 millones de unidades en el 2018 dio a conocer el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). Guayas se encuentra como la segunda provincia con mayor número de vehículos matriculados, cuya capital es Guayaquil con 529.603 unidades.

En la facultad de Ingeniería Industrial no existe un sistema de control dentro del parqueo que pueda verificar la cantidad de vehículos que están ocupando los espacios de parqueo, que pueda ayudar a conocer en qué momento se encuentra congestionado, si hay disponibilidad de parqueo y cuáles serían las horas picos, donde encontrar estacionamiento resulte muy difícil. Se presentará la problemática en tres escenarios distintos: internacional, local y organizacional.

1.1.1. Contexto Internacional

Bajo el contexto global, el aumento constante del parque automotor ha provocado una fuerte saturación de tránsito consecuente y alarmante. En la Unión Europea actualmente es donde se focaliza la más grande concentración humana en las áreas urbanas, lo que produce mayor dificultad con el tráfico. Así mismo en diferentes ciudades de diferentes países se han presentado incidentes por el caos vehicular excesivo. Estas ciudades continúan estando el top de los lugares más altos de tránsito del mundo.

Por mencionar un ejemplo en el año 2019 en la ciudad de San Petersburgo se dispuso una suma de 151 horas extras al año de tráfico. Así mismo la ciudad de Boston llegó a tener un total de 149 horas extras. Esta saturación automovilística le cuesta a cada país miles de millones de dólares, por no decir que es un gran peligro para el crecimiento económico en un futuro reduciendo la calidad de vida. (Hernández, 2020)

Entre los Objetivos para el 2030 de la empresa Repsol según el marco europeo, ha propuesto como concientización a favor de medio ambiente el programa llamado Pacto Verde en el se quiere conseguir una reducción de las emisiones de gases de al menos un 55% con respecto a los años 1990. El CO₂ es una de las principales consecuencias del daño en el planeta el cual es llamado como el calentamiento global y en los seres humanos provoca una falta de concentración con mínimas cantidades y en mayores cantidades provoca una asfixia provocando inclusive la muerte de la persona.

1.1.2. Contexto Local

Cabe decir que el Plan Estratégico Nacional 2021 – 2024 el instrumento de guía que responde de manera efectiva el desarrollo de medidas estratégicas orientada a la concienciación del automotor de forma prudente ante el incremento de las unidades que se han estado fabricando. (Epmmp, 2013)

La Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (Aeade) informó el pasado mes de enero del 2022 su balance anual, en el cual se evidencia que se ha incrementado las ventas con respecto al 2021, con un total de 119316 unidades de automóviles nuevos esto representan un crecimiento del 39% frente a la cifra del 2020, aun así, la cifra es 10 % menor a las ventas del 2019. La Tabla 1. muestra el incremento de las ventas de los automóviles en los últimos 3 años. (Machado, 2022)

Tabla 1. Ventas de automóvil de los últimos 3 años.

<i>AÑOS</i>	<i>VENTAS</i>	<i>PORCENTAJE</i>
<i>2021</i>	119316	44%
<i>2020</i>	72783	27%
<i>2019</i>	80061	29%
<i>TOTAL</i>	272160	100%

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Félix Danilo Iñiguez Ponce.

En la ciudad de Quito se tiene como planificación de movilidad será considerada la ciudad con disminución en los tiempos de viajes en vehículos, el conocido plan de contingencia en la Simón Bolívar demora un periodo de 4 horas en administrarse. Según el diario de local de la misma ciudad indica que unas de las posibles causas y efecto a este incidente es la falta de control en las calles, pocos sitios de parqueos en las avenidas, la falta de información por parte de los usuarios que se estacionan en zonas prohibidas haciendo esto que el caos vehicular comience a ser una serie de secuencia.

Al mismo tiempo en la ciudad de Guayaquil por parte de la M.I Municipalidad liderada actualmente por la Dra. Cinthia Viteri en conjunto con la ATM (Agencia de Transito y Movilidad) pusieron en marcha el plan estratégico en cual habilitara carriles de circulación en sentidos contra-flujo en una de las principales vías de acceso hacia la urbe porteña.

El vice alcalde de la ciudad de Guayaquil Josué Sánchez puso en marcha el programa internacional junto con el gobierno metropolitano de Saúl de la ciudad de Corea en el cual consistirá en el intercambio de información y conocimiento (KSP Knowledge Sharing Program) de esta forma se pretende desarrollar un proyecto diferente que este orientado a las ciudades inteligentes, con una duración hasta finales del mes de Agosto donde se tiene planeado hacer un levantamiento de información de personas altamente capacitadas. Otro punto muy importante será la capacitación por parte de los profesionales de Saúl hacia los funcionarios del municipio de Guayaquil. (Sánchez, 2022)

Es un problema que perjudica de forma directa a la ciudad durante diversos años por el caos vehicular, es evidente que noticias como esta son muy recurrente hoy en día sobre saturaciones de vías, se atribuye también de base a la falta de planificación y ejecución en gobiernos pasados. (Teleamazonas, 2022)

Lo que se conoce como hora pico, casi la totalidad del estacionamiento se encuentra ocupado, a esto cuando un nuevo vehículo llega a buscar espacios de aparcamiento este le toma más tiempo encontrar un lugar desocupado. La Tabla 2 explica los problemas generados, sobre la carencia de sitios donde estacionarse en horas trascurrida.

Tabla 2. Problema provocado por la carencia de estacionamiento

	El conductor	El medio ambiente	El país
<ul style="list-style-type: none"> • Problemas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Malgasto de tiempo. • Descontento y fatiga. • Mayor gasto de carburante. • Dificultad para el peatón a transitar por vehículos mal estacionado o doble parking. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de gases tóxicos contaminantes hacia el medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuir el crecimiento económico de una ciudad. • Subsidio de combustible adicional

Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

La falta de estacionamiento afecta de forma directa a grandes medianas y pequeñas empresas en diferente aspecto, siendo en el ámbito del turismo y la gastronomía los sectores más afectados.

1.1.3. Contexto Organizacional

La Facultad de Ingeniería Industrial viene siendo una extensión más de la Universidad de Guayaquil, en la cual geográficamente está situada en la Av. Juan Tanca Marengo y Raul Gómez Lince, sector considerado Mapasingue, caracterizada por tener excelencia académica y reconocida por su acreditación categoría B a nivel nacional. En la actualidad la universidad muestra inconsistencia en la falta de un sistema que lleve dicho control en los espacios de estacionamiento.

1.2. Área de Ecuador y FII



Figura 1. Ubicación del Facultad de Ingeniería Industrial. Tomado de GOOGLE MAPS. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

1.3. Delimitación del problema

Tiempo: Periodo 2022.

Espacio: Av. las Aguas, Tarqui, Guayas, Ecuador.

1.4. Objetivo de la investigación:

Desarrollar un prototipo de una red con tecnología ZigBee, usando Raspberry para monitorear el estacionamiento de la facultad de Ingeniería Industrial.

Campo: Telecomunicaciones.

Área: Tecnología ZigBee / Sistema embebidos.

Aspecto: Redes inteligentes: Seguridad.

Tema: Prototipo de una red con tecnología ZigBee, usando Raspberry para monitorear el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial.

1.5. Formulación del problema de investigación

¿Cuál es la utilidad de aplicar un sistema de parqueo inteligente para la facultad de Ingeniería Industrial que permita procesar y analizar datos de manera segura?

1.6. Justificación

La investigación busca proporcionar información que será útil a toda la comunidad

universitaria para mejorar el sistema de estacionamiento en la Facultad de Ingeniería Industrial. Con este proyecto se busca beneficiar al personal administrativo docente y estudiante de la Facultad.

El prototipo pretende garantizar la seguridad de la información recopilada, previniendo posibles ataques de ciberseguridad a la red y actuar de manera segura a la resiliencia.

Este trabajo intenta solventar un problema en las horas y semanas que son consideradas como fecha de mayor influencia vehicular, como lo son novatadas, semana de exámenes, eventos festivos de la misma universidad. En donde tienen una mayor demanda los estacionamientos vehiculares.

La tecnología ZigBee al ser un protocolo de forma inalámbrica el cual evita gastar presupuesto en cables y equipos costosos en la zona donde se vaya a instalar el sistema, otra característica importante que incluye esta tecnología es su bajo costo, y adicionalmente los equipos que se usaran tienen un bajo consumo de potencia que logra que el tiempo de vida útil de estos dispositivos sea prolongada.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Desarrollar un prototipo de una red con tecnología ZigBee, utilizando Raspberry Pi para monitorear el estado de disponibilidad del estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial.

1.7.2. Objetivos Específicos

- Diseñar la estructura de la red ZigBee, empleando muestras de conexión mediante sensores inalámbricos.
- Desarrollar un sistema informático utilizando un sistema embebido donde se conectará el sistema web que capture la información de los sensores para controlar los estacionamientos de la Facultad.
- Analizar los datos de cambios de estados de parqueos con el uso de la información capturada usando técnicas Data Science.
- Describir el proceso de implementación del prototipo de estacionamiento inteligente mediante una descripción de los elementos a usar en la elaboración del sistema.

1.8. Hipótesis

El desarrollo del prototipo de una red con tecnología ZigBee, mediante el uso de Raspberry Pi que permitirá monitorear el estado de disponibilidad del estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial.

1.9. ANÁLISIS DE VARIABLES

1.9.1. Variable independiente

Causa: desarrollar un prototipo de red inalámbrica con tecnología ZigBee para el estacionamiento de la Facultad Ingeniera Industrial.

1.9.2. Variable dependiente

Consecuencia: Mejorar la alta influencia vehicular que se encuentra en el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial a través del uso de una Raspberry Pi.

1.10. Pregunta de investigación

¿Cuáles son los aspectos a considerarse para proceder con el desarrollo de un sistema de estacionamiento inteligente para la Facultad Ingeniera Industrial?

¿Cuál es el elemento idóneo que existe en el mercado para la elaboración de la red inalámbrica en el desarrollo de un control de estacionamiento inteligente?

¿Qué tipo de herramienta de software se necesita para desarrollar un sistema de control para el monitoreo de plazas vehicular?

¿Cuáles son las alertas al usuario para que identifique el estado del estacionamiento vehicular?

1.11. Alcance del proyecto

Este proyecto es desarrollado con el fin de mejorar el flujo vehicular en el estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial y de esta forma reducir el gasto de combustible a la hora de buscar plazas disponibles mediante el uso de una Raspberry Pi en conjunto a la ayuda de sistema web para monitorear el cual tendrá las siguientes funcionalidades:

- Medición de proximidad en tiempo real mediante un sensor.

- La información es almacenada en una base de datos.
- Identificación automática si el estado de la plaza se encuentra disponible u ocupado.
- Se muestra el estado del estacionamiento en el sitio web.

Capítulo II

Marco Teórico

2.1. Antecedentes del Estudio

A continuación, se ha analizado diferentes temas como antecedentes bibliográficos que se basa el presente trabajo:

Yépez (2011) manifiesta que “Comprende la obtención y desarrollo de una propuesta de una prueba operativa realizable, para solucionar dificultades y las necesidades de organización grupos sociales que puede referirse para la formulación de políticas y programas de tecnologías, métodos y procesos”.

Los alumnos de UCC (University College Cork), ubicada en Irlanda, se efectuó un informe de una investigación especializada sobre la gestión de espacios de estacionamiento vehicular donde se manejó redes inalámbricas de sensores. El reporte se sintetiza en la implementación de sensores inducido colocados en cada espacio de parqueo. El censado cuenta con la disposición de forma remota a las bases de datos de dicha trama inalámbrica, haciendo uso del dispositivo creado por dicha universidad el sensor DSYS25z.(Benson et al., 2006)

Rodríguez Gregorio, Santos Rene, Ordaz Carmen y López José en el año 2019 hace público el artículo “Estacionamiento Inteligente” en la Revista de Ingeniería Innovativa, en el cual detallan la utilización de sensores para el desarrollo de un prototipo que permita mostrar en tiempo real espacios disponibles de estacionamientos, usando tarjetas de Arduino y equipos electrónicos.

Rivera, Piero en el año 2018 publica su tesis “Diseño de una red inalámbrica de sensores para el monitoreo de la disponibilidad de espacios en un estacionamiento vehicular” para la Universidad Católica de Perú en donde basa su estudio y diseño. (Rivera, 2018)

2.2. Definiciones conceptuales

En esta sección se iniciará definiendo los conceptos y términos inherente a la temática abordada que en este caso es la red inalámbrica con tecnología ZigBee, también se establece antecedentes que proporcionara tomar relevancia los hallazgos de investigaciones efectuadas en periodos anteriores.

2.3. Importancia de las Redes Informática

El avance científico en las redes informáticas ha permitido la comunicación de forma eficaz en nuestro día a día. Donde las redes informáticas toman un papel muy importante en el desarrollo de una sociedad civilizada. Entre lo más destacado de las redes se deben de considerar ciertos factores que permitan la funcionalidad correcta al establecer una red (Gómez, 2020)

Entre ellos se encuentra redes profesionales conocida como Networking, siendo uno de los usados para interconectar y ejecutar una transmisión entre distintos equipos finales.

2.4. Red Informática

Se define como red informática a la unión de varios equipos electrónicos conectados entre sí, mediante una conexión alámbrica o inalámbrica con el fin de intercambiar información en forma de tramas de datos, distribuir recursos y trabajando de forma organizada. Para que considere una red informática, es importante la existencia de cinco fundamentos básicos:

- Medios de transmisión.
- Protocolos de transmisión.
- Servidor.
- Cliente.
- Recurso a compartir. (Adata, 2021, p.2)

2.5. Medios de transmisión

El modo de propagación de la información se puede dividir en 2 característicos métodos de conexiones, de forma alámbrica e inalámbrica, en ambos procesos la comunicación viaja en ondas electromagnéticas. (Neri, 2013)

2.5.1. Conexión Alámbrica

También conocida como conexión guiada ya que conduce la información de un emisor hacia un receptor a través de un cable siendo está considerada una conexión segura por que no se pierde paquetes de datos en el envío. Entre ellos se encuentra:

- Cable coaxial. Cable de par trenzado (UTP/STP).

- Fibra óptica.

2.5.1.1. Característica de Conexión Alámbrica

- Utiliza componentes físicos
- Pueden transmitir señales analógicas o digitales
- Cubren largas distancias focalizadas

2.5.2. Conexión Inalámbrica

Red de Área Local o conexión no guiada es la que conduce la información de un emisor hacia un receptor a través de un medio de propagación siendo radiado en el aire, permitiéndose conectar los terminales de forma inalámbrica. Entre ellos tenemos. (Medios transmisión, n.d.)

- Ondas de Radios
- Microondas
- Ondas Infrarrojas

2.5.2.1. Característica de Conexión Inalámbrica

- Pueden cubrir grandes distancia
- Velocidad de transferencia
- Mayor ancho de banda
- Son escalables

2.6. Red Inalámbrica con Sensores

Una red inalámbrica de sensores es una red de computadores de tamaño miniatura conformada por sensores con gran capacidad sensitiva, son considerados controladores autónomos distribuido de forma arbitraria para monitorizar aspectos físicos o ambientales como lo son la humedad, presión, aproximación geolocalización. Las redes inalámbricas de sensores tienen la característica de ser un modelo escalable, consumo mínimo de potencia, implementación de bajo presupuesto al no tener que montar una estructura previa estructura física. (Rivera, 2018)

Es preciso mencionar que la red inalámbrica de sensores, es una red de microscópicos

dispositivos, suministrado de sensores con la finalidad de cumplir con un cometido siendo este la facultad de poder capturar cierta información requerida. Al ser esto posible se convierte en una infraestructura de modelo flexible logrando que cada sensor otorgue una medición minuciosa para la toma de una decisión acertada.

2.6.1. Componente de una Red Inalámbrica de Sensores

2.6.1.1. Coordinador:

Es la pieza fundamental en una red inalámbrica de sensores, su función es ordenar y dirigir la red, controlar la comunicación, ubicar y asignar direcciones, aprobar y rechazar la entrada a la red, al ser el dispositivo primordial dentro del sistema exige que debe de existir un solo elemento de esta categoría. (Faludi, 2011)

2.6.1.2. Router:

Es un dispositivo de interconexión considerado como el conductor entre el maestro y el esclavo estableciendo una comunicación, recibiendo la información del dispositivo finaly transmitiendo por medio de protocolos de enrutamiento hacia el coordinador, este dispositivo logra aumentar la red, se ocupa de manifestar una tabla de descubrimiento de la ruta, el costo del trayecto, la ubicación de origen y la ubicación del enlace final que se encargó de hacer peticiones. (Becker et al., 2015)

2.6.1.3. Dispositivo Terminal:

Los dispositivos terminales, son de vital importancia en la red, su función esrecopilar la información proporcionada por los sensores acoplados, tiene la facultad de comunicarse con un coordinador o un Router, pero no puede intercambiar información conotro dispositivo final, su configuración es limitada privando de ciertas funciones, este dispositivo posee un consumo mínimo de energía, de esta forma no es necesario que estén conectado al sistema eléctrico, pueden ser energizados por una batería.(Banchon & Moncayo, 2016)

2.6.1.4. Elementos Adicionales

2.6.1.4.1. Estación base:

También llamada como el centro de operaciones y control, ubicado en el corazón dela organización, está conformado por un equipo o la unión de diferentes equipos, donde su principal función es la recepción de información, se encuentra en la parte más alta dentro de la red. (Faludi, 2011)

2.6.1.4.2. Área de trabajo:

Finalmente, en la zona de control y análisis, aquí se encuentran repartidos los componentes de la red inalámbrica de sensores, a partir del coordinador, router, estación base y dispositivos finales. (Faludi, 2011)

2.7. Topologías de Red

Existen varios tipos de topología para las redes inalámbricas de sensores. En breve se explicará cada una de ella con su respectiva ilustración.

2.7.1. Topología Punto - Punto

Es la topología más simple de implementar en una red de sensores inalámbrico. Conformado por dos nodos el principal tiene que ser un coordinador y el siguiente dispositivo puede ser un router o un dispositivo final. Transportando la información de una red local a una red remota, esta topología es ideal cuando se requiere transmitir datos pequeños. (Amaya, 2018)

En la siguiente figura 2 se visualiza la estructura de dicha topología.

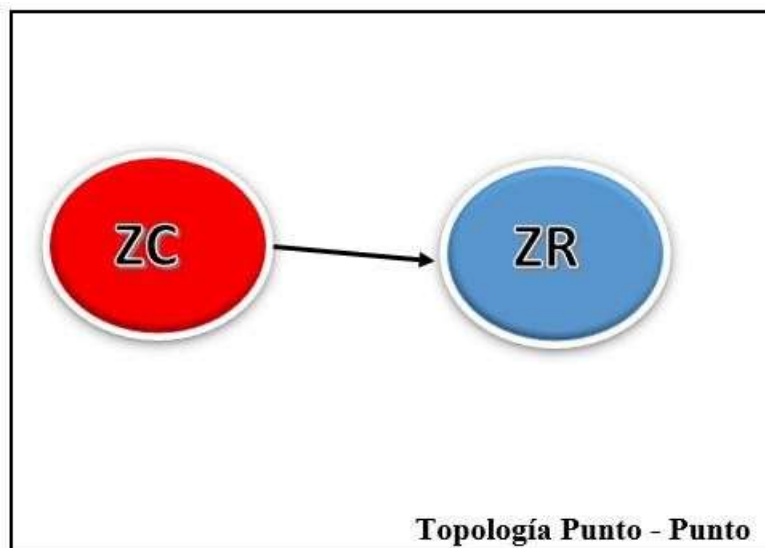


Figura 2. Topología Punto a Punto. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

2.7.2. Topología Estrella

El coordinador es el eje central de la red siendo el host principal puede transmitir y recibir información hacia los demás nodos, no obstante, estos últimos no puede intercambiar información entre sí, un error en la red es fácil detectarlo. (Rivera, 2018)

En la figura 3 se visualiza la estructura de dicha topología.

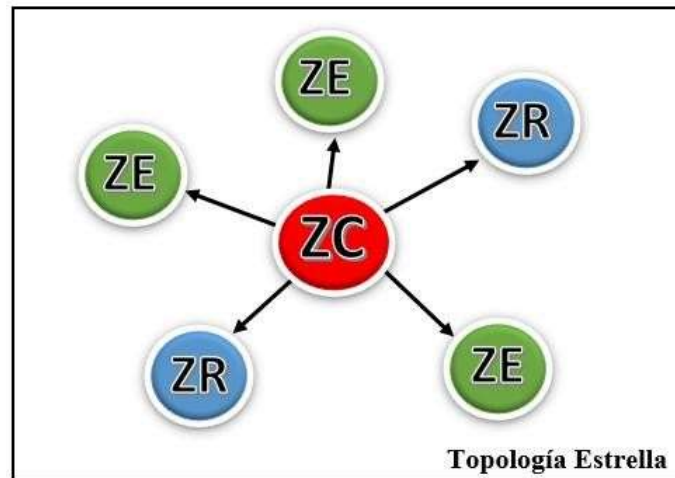


Figura 3. Topología Estrella. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

2.7.3. Topología Árbol

Esta topología tiene bifurcación en donde existe la jerarquía dentro de ella, como equipo principal se encuentra el coordinador, en medio el router y como último el esclavo que vendría siendo el dispositivo final. (Carrasco & Cayambe, 2017).

El coordinador y el router tienen como función el direccionamiento de los datos, cuenta con la facultad de ir incorporando nuevos terminales, estos equipos pueden ser router como dispositivos finales, pero solo debe de existir un coordinador dentro de la red. (Álvarez & Amaro, 2017)

En la figura 4 se visualiza la estructura de dicha topología.

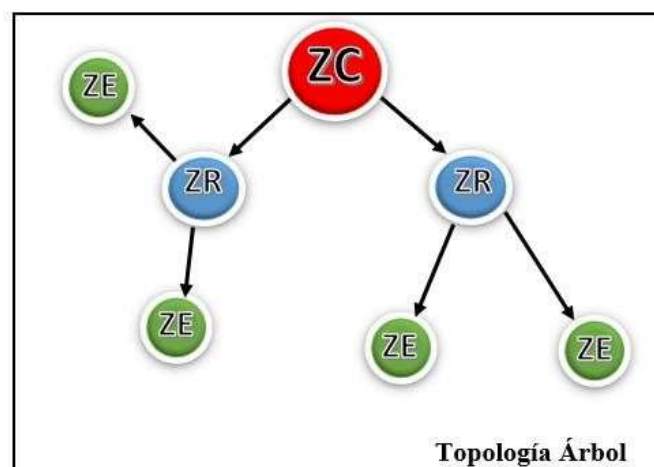


Figura 4. Topología Árbol. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

2.7.4. Topología Malla

Este tipo de configuración nos otorga una transmisión de datos entre diferente par de nodo dentro de un determinado radio buscando la ruta más corta, en esta topología los nodos tienen más de dos enlaces en la red, para esta estructura se necesita de un coordinador, varios router y dispositivos finales, no existe una composición jerárquica ya que entre ellos pueden interactuar. (Girod, 2012)

En la figura 5 se visualiza la estructura de dicha topología.

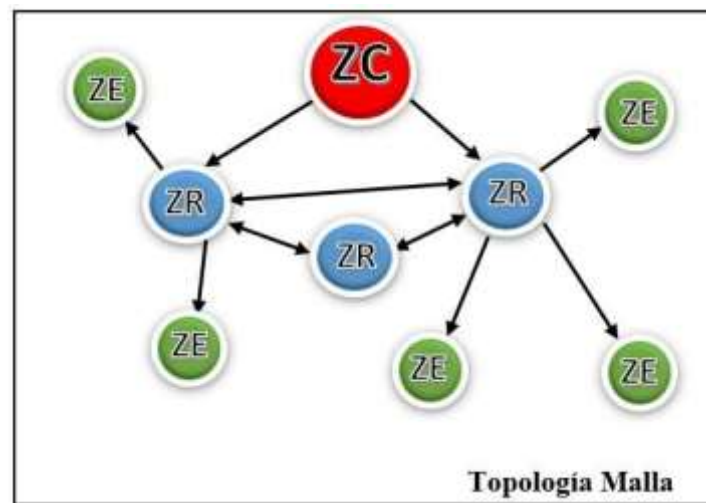


Figura 5. Topología Malla. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

En la tabla 3 se describe las ventajas y desventajas que conlleva la utilización de cada tipo de topología mencionada:

2.8. Estándar IEEE 802.15.4

Este estereotipo determina una capa de comunicación en el modelo OSI, el interés es explicar los niveles de red básicos brindar una ayuda a una peculiar red inalámbrica de área personal (PAN) dirigida hacia la comunicación entre equipos con un diminuto consumo de energía y velocidad de transmisión. (Márquez, 2014)

Tabla 3. Ventajas y Desventajas de tipos de las topologías.

TOPOLOGÍA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Punto - Punto	Facil de configurar	Administration no centralizada
	Permite compartir datos y recursos	Inseguridad
	Menos costo en la implementación	Dificultad de hacer respaldo
Estrella	Facil Implementación	Limitación en nodos dentro de la red
	No existen colisiones de datos	Poco fiable en la transmisión de datos
Árbol	Usan el mismo canal de transmisión	Interferencias por canal compartido
	La falla de un nodo no interrumpe la comunicación	Toda las estaciones reciben la información sin importar quién sea el destino
Malla	La falla de un nodo no ocasiona la caída de la red	Alto costo de instalación
	Los datos se trasmite por diferentes camino	Necesita muchos recursos

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Sin duda alguna el objetivo principal de las redes inalámbrica de sensores, es optimizar los recursos buscando obtener un bajo consumo de energía, estándares como el IEEE 802.11 (WIFI) tiene un desgaste mayor en la potencia requerida para el uso en aplicaciones Bluetooth es otro del estándar que tiene una diversidad de dificultad que se ha ido consagrando. Antes estos inconvenientes el IEEE desarrollo un nuevo estándar para redes inalámbricas, 802.15.4 la principal ventaja es el bajo consumo de potencia.

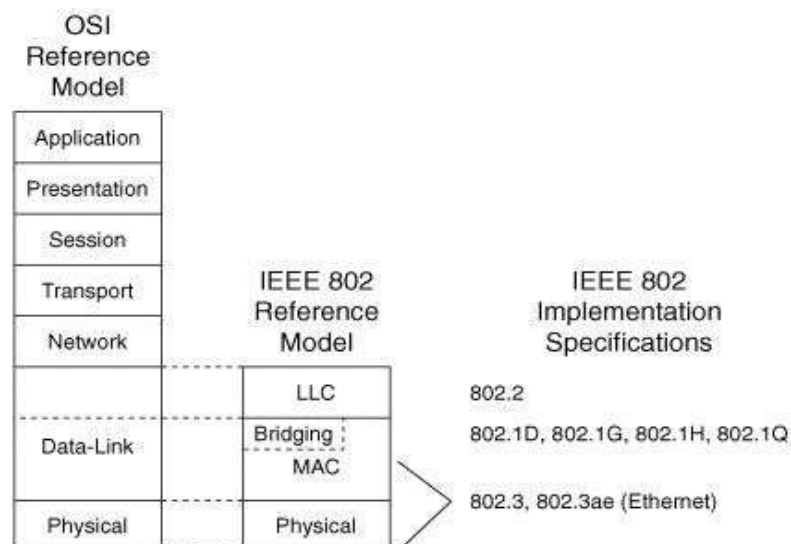


Figura 6. Modelo de referencia OSI y del IEEE 802. *Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.*

Resumiendo lo planteando en la imagen como dato importante los nombres de las especificaciones IEEE se diferencia entre mayúsculas y minúsculas. Tal es el caso de la normativa 802.1Q se distingue del 802.1q, en el momento que exista una letra en mayúscula

se refiere a que esto indica que es un estándar completo que tiene la autoridad de usar variantes mientras que las letras minúsculas hacen referencia a una reforma existente.

En la ilustración 9 manifiesta el formato de protocolo de enlace en redes inalámbricas de sensores, en contraste con el formato OSI, se aprecia a distinguir que la capa de enlace se separa en las siguientes capas: control de acceso (MAC por sus abreviaturas en inglés) y la subcapa de control de enlace lógico (LLC por sus abreviaturas en inglés). El estándar IEEE 802.15.4 se precisa en exponer las características de la capa físicas y la capa MAC. (Martínez, 2017)

El estándar mencionado trabaja en la frecuencia ISM, los artefactos que operan en estas frecuencias no requieren de un licenciamiento, hay otros dispositivos de diferentes estándares como el wifi (IEEE 802.11) y Bluetooth (IEEE 802.15.1) trabajan en las bandas ISM, cabe mencionar que es importantes conseguir la cohabitación de todas las redes. (Rivera, 2018)

En la ilustración 10. cabe considerar de qué forma se encuentran constituidas las capas del estándar. La capa física precisa 27 canales: 16 canales que determinan una rapidez de 250 kbps en la frecuencia ISM de 2.4 – 2.4835 GHz de manera global asequible. 10 canales que otorga rapidez de 40 kbps a la frecuencia ISM 902 – 928 MHz factible para el sector de América del Norte y 1 canal que brinda una velocidad de 20 kbps en la frecuencia ISM de 868 – 868.6 MHz asequible para el continente europeo. (ver la Tabla 4). (Ding et al., 2005)

Tabla 4. frecuencia de las bandas ISM.

Frecuencia ISM	Velocidad	Nº de canales	Zona Geografica
2.4 – 2.48 Ghz	250 kbps	16	Global
902 – 928 MHz	40 kbps	10	America del Norte
868 – 868.8 Mhz	20 kbps	1	Europa

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

El estándar IEEE 802.15. 4 al mismo tiempo precisa detallar la capa de enlace; no obstante, determina tan solo la subcapa MAC, por otra parte, la subcapa LLC se encuentra constituido por el estándar 802.2, de modo similar existen diversos estándares del IEEE desde el 802.15.1 (Bluetooth), 802.11 (Wifi) y el 802.3 (Ethernet) (Veato, 2015)

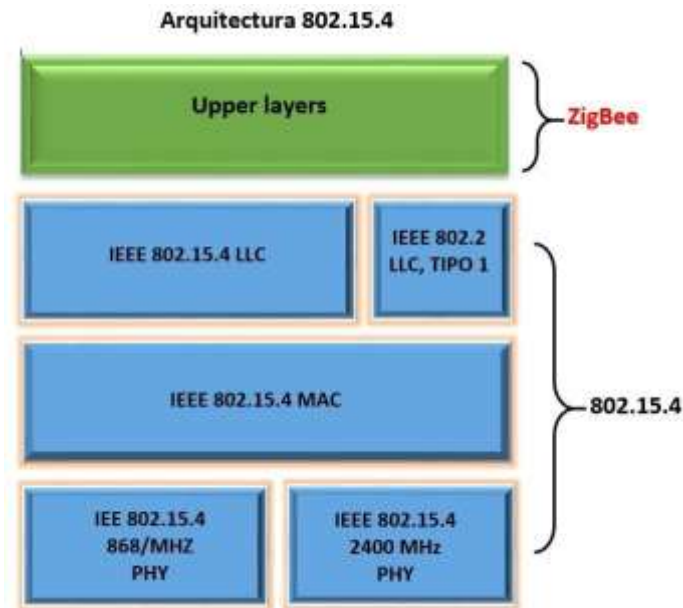


Figura 7. Capa física y capa de enlace del estándar IEEE 802.15.4. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

La subcapa MAC conocida como el control de acceso al medio, menciona, que gestiona la duración en cierto material que distribuyen a través de un medio de transferencia de directorio. El estándar 802.15.4 emplea el esquema de acceso múltiple con detección de portadora y evasión de colisiones (CSMA/CA), el cual es un mecanismo de acceso al medio quien tiene una mayor predominancia en redes inalámbricas, en particular WIFI (Standard et al., 2001)

2.9. Origen del nombre ZigBee

La razón de la palabra ZigBee corresponde a la manera de comunicación que utiliza este sistema en consecuencia, sobre la base del movimiento similar en Zig-Zag usado por las abejas en el proceso de recolección de polen. Siendo esto sugestivo de las redes invisibles de un vínculo sobre un entorno completamente inalámbrico. (Loyola & Becerra, 2015)

La técnica que las abejas emplean para transmitir información sobre una raíz de alimento es una práctica sigilosa, pero con gran potencial de comunicación. Las abejas al ejecutar el desplazamiento en Zig-Zag intercambia información relacionada con la dirección, distancia y situación en la que se encuentra el sustento descubierto con los demás miembros

de la colmena. Es por tal motivo que la perduración de la especie y futuro de la colmena radican en tener una buena comunicación persistente entre cada individuo. (Loyola & Becerra, 2015)

2.9.1. Etimología de la palabra ZigBee

La palabra ZigBee desemboca de la unión de dos palabras:

- Zig: por la manera que emplean las abejas para comunicarse entre ellas.
- Bee: es la definición de la abeja en el idioma Ingles.

2.12. Protocolo ZigBee

El protocolo ZigBee se basa en el estándar 802.15.4 es una tecnología inalámbrica de tamaño reducido entre la principal característica está el bajo consumo, baja transferencia de datos alcanzando 250 kbps. A diferencia de los otros estándares como el Wifi, 3G, Bluetooth. No obstante, en la red de sensores inalámbrica no es necesario elevada frecuencia de transmisión de información ya que las tramas enviadas son de poco tamaño. De modo idéntico el protocolo ZigBee tiene la virtud de auto regenerarse, pueden soportar diferentes topologías, llega a cubrir 65 000 direcciones distribuidos en 256 nodos, esto hace que su comportamiento de la red otorgue alta confiabilidad y escalabilidad. (Rivera, 2018)

Este protocolo tiene la destreza de tener una comunicación multi-salto en otras palabras puede sostener una comunicación entre dos nodos aun cuando estos se sitúan en diferentes áreas de cobertura, esto es posible siempre y cuando cumpla con la condición de tener un nodo de tipo router de intermediario de enlace haciendo una expansión del área de la red. (Loyola & Becerra, 2015)

A continuación, se muestra en la figura 8, la comparación entre transferencia y el rango de diferentes tecnologías inalámbricas.

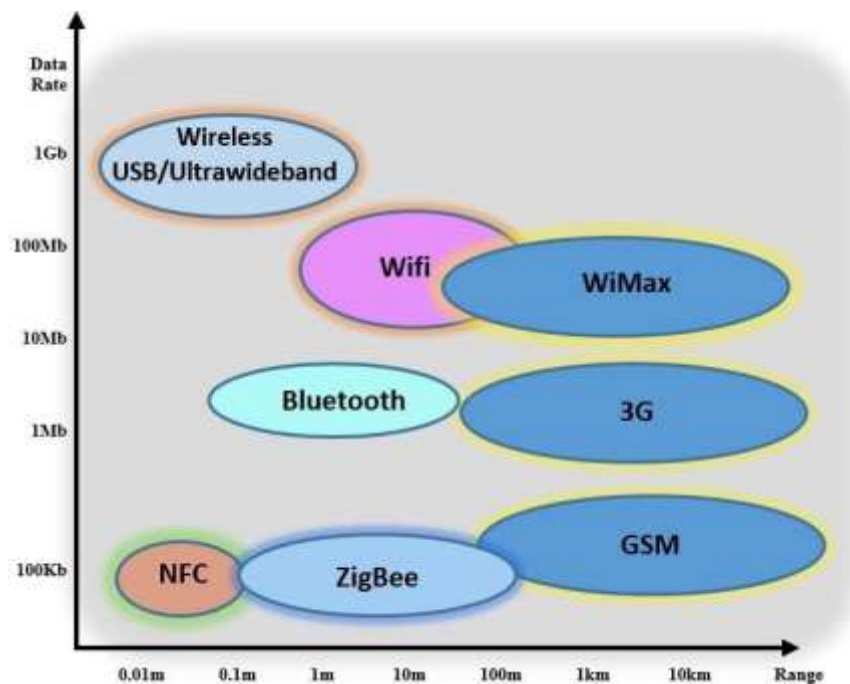


Figura 8. Gráfico de transferencia vs. Rango, diferentes tecnologías. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Según su rango las redes inalámbricas se clasifican en:

- WPAN: Redes inalámbricas de área personal
- WLAN: Redes inalámbrica de área local
- WMAN: Redes inalámbrica de área metropolitana
- WWAN: Redes inalámbrica de área Geográfica

Eso quiere expresar que el propósito de las redes WPAN, no esas consideradas para reemplazar a un dispositivo cableado, por el contrario, distribuye un intercambio en el espacio operativo personal (POS: Personal Operating Space) sin el requisito de montar una estructura evitando un mayor gasto operativo. El POS es el radio concéntrico de 10m que abraza el sensor. Teniendo en consideración que las redes WPAN se subdivide en redes de alta, media y baja velocidad. Como por mencionar un ejemplo puntual el protocolo IEEE

802.15.3 es considerado como una red de alta velocidad, siendo utilizado para la transmisión de audio y video de una cámara hacia un monitor contiguo. (Dávila et al., 2016)

ZigBee es una tecnología donde su principal propósito es establecer sistemas inalámbricos de sensores de manera que puedan ser escalable. Sin embargo, el estándar IEEE

802.15.4 se centra en las capas física y la capa de enlace en las redes inalámbricas de sensores, mostrando la configuración de las topologías de redes más sencilla, cabe resaltar que el protocolo ZigBee simultáneamente perfecciona esta configuración fijando las capas elevadas. Sobre todo, ofrece una capa de red, es decir determina características de topología y direccionamiento de red, una capa de aplicación, significa ser la interconexión entre el equipo con el protocolo ZigBee y el cliente que está modelando y una capa de seguridad. (Ding et al., 2005)

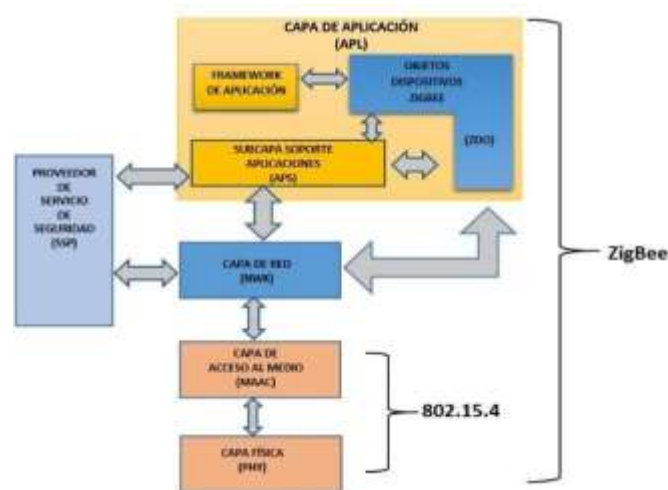


Figura 9. Protocolo ZigBee de la capa de red y capa de aplicación, Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

El protocolo de comunicación ZigBee se encuentra situado en las redes LR-WPAN, en el cual exterioriza distintas configuraciones que los otros estándares de IEEE. Usando la modulación de espectro expandido DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) lo cual permite trabajar en entornos perfectos con baja relación señal-ruido. Un trabajo realizado por Dávila, et al., (2016),

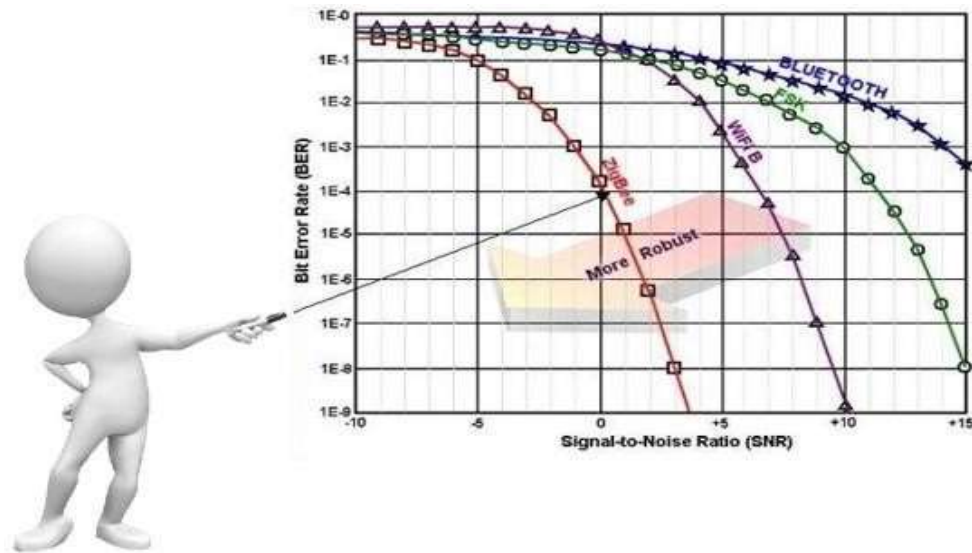


Figura 10. Radio de señal de ruido frente a otros protocolos, Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Lo más importante es acerca sobre otras tecnologías están orientadas en las redes LR-WPAN también comprendidas como Bluetooth LE(BLE) y Z-Wave. En el importe de estas tecnologías son comparables con el sistema de ZigBee; no obstante, ZigBee tiene diferentes ventajas en comparación con las dos mencionadas, si comparamos el protocolo con mayor cobertura ante es esto BLE no se puede competir, siendo más versátil que Z- Wave. (Valencia, 2018)

Tabla 5. Comparativa de diferentes redes inalámbrica.

Estándar	Wi-Fi	Bluetooth	UWB	ZigBee
IEEE	802.11 a/b/g/n	802.15.1	802.15.3	802.15.4
Banda de frecuencias de operación	2.4 GHz; 5 GHz	2.4 GHz	3.1 -10.6 GHz	868/915 MHz; 2.4 GHz
Tasa de bits máxima	54 Mbps	1 Mbps	110 Mbps	250 kbps
Cobertura nominal	100 m	10 m	10 m	10 – 100 m
Ancho de banda de canal	22 MHz	1 MHz	500 MHz – 7.5 GHz	0.3/0.6 MHz; 2 MHz
Número máximo de nodos	32	7	128	65536
Modulación	BPSK, QPSK, COFDM, CCK, OFDM	GFSK	BPSK, QPSK	BPSK, O-QPSK
Potencia de transmisión nominal	15 – 20 dBm	0 – 10 dBm	-41.3 dBm/MHz	-25 – 0 dBm
Numero de canales	14 (2.4 GHz)	79	1 – 15	1/10; 16
Técnica de espectro disperse	DSSS, CCK, OFDM	FHSS	DS-UWB MB-OFDM	DSSS

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

2.12.1. Subcapa de Soporte

La subcapa de soporte de aplicación con sus abreviaturas (APS) suministra una interconexión entre la capa de aplicación (APL) y la capa de red (NWK) por medio de una agrupación en asistencia que se emplean conjuntamente a los ZDO y otros elementos que fueron prestablecido con antelación de los creadores. Las funciones las entregan dos organismos: el organismo de datos APS (APSD) mediante la función de punto de acceso APSDE (APSDE-SAP) y la institución gestora del APS (APSME-SAP) a través de una función que otorga el punto de acceso APSE-SAP. APSDE genera el servicio requerido para la transmisión de información y la conducción de datos de aplicación entre o más dispositivo de la misma red. APSME concede el servicio de descubrimiento y conexión de dispositivo

y prevalece una base de datos de los objetos llamado “APS information Base(AIB)”. (Moreno & Ruiz Fernández, 2007)

2.12.2. Estructura de Aplicación

En el interior de la configuración de aplicación, los elementos remiten y obtienen información mediante el APSDE SAP. La gestión y monitoreo de los datos de aplicación es direccionada por medio de interconexión de los ZDO. El sistema de datos entregado por el APSDE SAP, incorpora peticiones de autorización, resultado e indicaciones (response, indication, request, confirm) con el fin de traslado de información. La request primitiva aloja el traslado de información entre elementos de igual entidades con el elemento de aplicación. La primitiva confirm da el desenlace de una indicación de la primitiva request. La indication primitiva se aplica a fin de indicar el traslado de información desde un APS el organismo elemento de una aplicación. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

Cabe precisar más de 240 elementos de aplicación llamados dispositivos finales. Con interacción para cada dispositivo terminal se permite enumerar del 1 al 240. Cabe destacar que hay dos dispositivos finales agregados que emplea el APSDE SAP; en 0 esta apartado para la interconexión de datos de los ZDO y el 255 se excluye para que la interconexión de datos proceda las solicitudes de broadcast de datos en su totalidad de los elementos de aplicación. Los dispositivos finales que se encuentran desde el 241 al 254 se apartan para usos a futuros. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

2.12.3. Servicio de Parejas Clave-Valor

El trabajo de iguales Key-valor (KVP) accede a las propiedades preestablecida, de tal forma que los elementos de aplicación se permiten emplear peticiones como, set, set response, get y get response. Al mismo tiempo, KVP usa un sistema de datos marcado en formato XML en una versión más limitada. Este desenlace otorga una configuración de secuencia de gestión para el mando de diminutos dispositivos que conceden el Gateway de acceso la divulgación de los datos XML. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

2.12.4. Servicio de Mensaje

Hay diferentes entornos de adaptar en ZigBee esto alberga reglas de direccionamiento de forma única y que no operan acorde con KVP. Por tal motivo, hay cabeceras que KVP admite y sirve para monitorear las condiciones de la variable, que acepta

extraer y permite resiliencia antes posible eventos que soliciten mantener las variables

de comunicación. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

2.13. Fundamentos de comunicación de la capa de Aplicación

2.13.1. Perfiles

Son convenios el cual alcanza a la comunicación. La estructura en lo cual esta comunicación hechos fabricadas, admiten al empeño de establecer en dispositivos unipersonales para remitir acciones, solicitar solicitud de información o tratar instrucciones de información para instaurar así una aplicaciones repartible e interoperable. De tal forma que los perfiles avanzados por cada elemento en los desarrollados de la tecnología ZigBee, es suplir las necesidades que subsisten en la demanda del consumidor. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

2.13.2. Clusters

Son reconocido por el (Cluster ID) en especial el cual se enlaza al equipo que elabora el tráfico de información. El ID de clúster es de criterio singular en la parte interior de un mismo perfil. El nexo que forman por la conexión real a través de identificadores de clúster de entrada y salida, tomando en consideración que se encuentra dentro de un mismo perfil. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007)

En la tabla 6 se visualiza la potencia transmitida y la velocidad de transmisión:

Tabla 6. Distancia de transmisión.

Potencia(mW) / Velocidad(Kbps)	1mW	10Mw	100mW
28 Kbps	23m	54m	154m
250 kbps	13m	29m	66m

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

2.13.3. Direccionamiento de Terminales

ZigBee otorga un subnivel de direccionamiento, que emplea de manera contigua con diferentes mecanismos como es el protocolo IEEE 802.15.4, Para mencionar un ejemplo; hay un importe total de dispositivos finales, que se pueden usar para establecer su funcionalidad como interruptores y bombillas. El dispositivo final con la denominación 0 esta preestablecido para la administración de dispositivo teniendo como función la encriptación del nodo. (Moreno & Ruiz Fernandez, 2007).

2.14. Monitoreo de espacio de estacionamiento

Por todo lo dicho anteriormente, los estacionamientos son un servicio urbanodirigido al personal en un sitio o en una región. Según su localización, los tipos de estacionamientos son los siguientes: (Rivera, 2018)

- **Parqueo en vía:** Es un modelo de estacionamiento de espacio libre, situado en la vía pública el acceso a este parqueo es de uso público sin restricción todo aquel que cuente con un automóvil.
- **Parqueo público fuera de vía:** Son estacionamientos situados en las afueras de la vía pública, En esta condición, los beneficiarios pueden aparcar su automóvil con una estancia limitada impuesta con valor generado.
- **Parqueo privado no residencial (PNR) fuera de la vía:** Se sitúa en el interior de un inmueble comercial, tal es el caso, como una empresa, tienda departamental o institución educativa.
- **Parqueo privado residencial fuera de vía:** Son aquellos parqueos situados en las residencias o rascacielos con apartamentos.

Según su diseño, se categorizan en los siguientes:

- **Parqueo cubierto abierto:** Son parqueos de campo abierto, techados para el cuidado contra la lluvia, aguacero y granizo.
 - **Parqueo cubierto cerrado:** Es el estacionamiento que se sitúa en el interior del edificio, de esta manera todos estarían cubiertos bajo un tejado, sea un área galería, subnivel.
- Parqueo no cubierto:** Son sitios que se encuentran al aire libre sin la protección de un objeto que cubra a los automóviles.

Tal es el caso del lugar de parqueo en la parte frontal de la facultad de Ingeniería Industrial, se considera un estacionamiento no cubierto por tal motivo que no cuenta con una estructura en forma de techo que pueda cubrir, y su categoría se ubica en privada no residencial.

Es de conocimiento común que los escasos sitios para aparcar en un sentido masivo, como en consecuencia esto provoca ser un motivo para que las personas decidan desplazarse en vehículo propio. Este señalado punto da entender en la obligación de promover un sistema de gestión de estacionamientos. El modo de operación se requiere estudiar el

espacio de estacionamiento, registrando tanto el ingrese como su respectiva salidade cada automóvil y los espacios libre en determinados momentos. (Rivera, 2018)

Los componentes del sistema de monitoreo de espacios disponible de estacionamiento pueden ser los siguientes:

2.14.1. Dispositivo de monitoreo

Los sensores son un mecanismo que se localizan de forma directa con el lugar de estacionamiento y determinan el estado de dicho sitio. Solo debe de haber uno por espacio a ser censado. Se puede clasificar de la siguiente forma:

2.14.1.1. Sensor de proximidad

Estos elementos comprueban la distancia en la que se localiza una obstrucción para este proyecto sería un automóvil. Hay diferentes tipos de elementos para censar en esta condición se encuentra los elementos ultrasónicos, elementos capacitivos, elementos ópticos, elementos inductivos. Son de común uso en lugares de parqueos cubiertos, puesto que se encuentran situados en el techo para calcular la alteración del trayecto cuando ingresa un automóvil. En los parqueos no cubiertos no son tan comunes, y se asienta en el pavimento.

Guarda la data de la diferencia de espacio del piso de los automóviles, por tanto, es considerado un valor de estado constante otorgada por cada compañía en la industria automotriz.

2.14.1.2.Sensor de campo magnético

Estos elementos calculan la diferencia de intensidad del campo magnético en el momento que un automóvil entra o abandona un estacionamiento. La utilización de este sensor es más habitual encontrarlo en estacionamiento no cubiertos, en relación con el sensor de proximidad visto anteriormente este es más efectivo a la hora de su implementación.

2.14.1.3.Sensor de intensidad luminosa

La manera de utilizar seria fijarlo de forma que se haga uno solo con el pavimento del estacionamiento. Estos dispositivos tienen la potestad de controlar la luz en un radio determinado, de forma que, si este la disminuye, manifiesta el estacionamiento de un automóvil.

2.14.1.4.Cámaras

Son dispositivos electrónicos que emplean el método de procesamiento de señales convirtiéndola en imágenes para concluir la disponibilidad dentro de un aparcamiento. Cabe

considerar que la implementación de estos dispositivos es costosa que los sensores, pero no obstante como un recurso se pueden emplear una o dos cámaras en un sitio estratégico para un conjunto enorme de lugares donde se puede estacionar.

2.14.1.5. Central de monitoreo

La central de monitoreo, ejecuta la gestión administrativa de control de la información conseguida a través del nodo sensor analizada y remitida a su respectiva salida. La data se reserva en una base de datos para su posterior interpretación. Cabe destacar que se ejecuta el seguimiento de posibles errores dentro del sistema actuando con una resiliencia. Se puede obtener, inclusive un servidor web. Es empleado para que la información almacenada en la base de datos sea dirigida a un sitio web previamente creado, con el objetivo de que se obtenga una accesibilidad de forma remota por parte de los administradores y el usuario final. (Rivera, 2018)

2.15. Data Science

En esta sección se da conocer los conceptos fundamentales del Data Science abordando sus principales funciones y el previo conocimiento que se requieren para su aplicación.

2.16. Que es Data Science

Según Skiena (2017) indica que el concepto de Data Science aún no se ha logrado definir de manera completa, del mismo modo añade que es la confluencia de otras ramas de la educación tales como las matemáticas, informática, estadística y concepto de dominios de manera real. Indica que de la matemática proviene los métodos numéricos en el cual hace relación a procesos de graficación, de la informática se destaca el campo del Machine Learning y tecnologías informáticas, como otro punto menciona acerca de las estadísticas aporta análisis de data regresiones, y como último punto en el campo de dominio de aplicación real hace referencia en los negocios procesos de automatización. De manera similar, Grus (2015), coincide que no existe una conceptualización del significado de Data Science, pero atestigua que producto de la bifurcación se genera habilidades de seguridad informática. Esto alude que, de manera general, el Data Science se encuentra de manera muy inmiscuida pilares tales como a informática, estadística y matemáticas.

2.17. Preguntas que se pueden responder con el Data Science

Permítanme explicarle para que un modelo probabilístico de Data Science sea

relevante y tenga el impacto que se busca obtener como primer paso fundamental se debe de enfatizar las preguntas que se busca responder en base al análisis de predicción que se requiere por lo cual según se definieron 6 tipos de preguntas conceptualizando que deberían ser básicas. (Peng et al., 2015)

Pregunta descriptiva: Con el propósito que la respuesta de una determinada cantidad de datos aleatorios describa una situación en base a las observaciones.

Pregunta exploraría: Con el propósito de corroborar datos buscando un patrón que se desconoce, exploraciones para encontrar una relación entre sí, pero siendo lo contrario a una relación causal.

Pregunta inferencial: El objetivo es analizar una muestra de información para determinar una posible causa sobre el lugar donde se originó. Un análisis inferencial su propósito generalmente es con la intención de extrapolar el comportamiento de una población a partir de la muestra.

Pregunta predictiva: El objetivo es predecir un modelamiento futuro esto indica que en base a la información actual se pretende de pronosticar una posible causa en base a un patrón de antecedente.

Pregunta causal: El objetivo de este modelo estadístico es la variación de un resultado cuando se altera otra variable, analizando el comportamiento y el efecto, este análisis es complejo de analizar a partir de datos basada en la observación.

Pregunta mecaniza: El objetivo del resultado es alcanzar el entendimiento de los cambios con exactitud dentro de la variable, buscando obtener cambio exacto. De igual forma que el caso anterior este se encuentra entre los más complejo de demostrar un análisis.

2.18. Marco legal

En el desarrollo del presente proyecto se detallan las bases legales que se toman como referencia para realizar el proyecto, establecidos por la Constitución de la República del Ecuador, Ley orgánica de Telecomunicaciones y Reglamento de Prevención.

En el artículo 16 de la constitución de la República promueve el uso y acceso universal a las tecnologías de la información y comunicación de manera individual o colectiva. Apoya el uso de las tics y su desarrollo en la creación de redes de comunicación, además del acceso y uso de toda forma de comunicación visual, auditiva, sensorial y la disposición en igual de condiciones de las frecuencias del espectro radioeléctrico públicas y privadas para el beneficio de las comunidades.

En el Artículo 9 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones se expresa que las redes inalámbricas o por cables deben abarcar una zona determinada según el estudio realizado, y también que debe comprender su construcción, integración e instalación hasta que la red sea funcional como aporte al beneficio y seguridad de las familias de las distintas comunidades del Ecuador.

En el artículo 12 de la Ley Orgánica de las Telecomunicaciones indica que el estado impulsa el desarrollo de redes inalámbricas y prestación de servicios de telecomunicaciones que inciten la concurrencia de prestaciones y favorezcan el crecimiento tecnológico del país, mientras estas aporten el conocimiento a los ciudadanos.

Capítulo III

Metodología

3.1. Metodología

3.1.1. Método bibliográfico

Según el autor Goris (2016) expresa que ante todo para realizar un trabajo de investigación es la exploración de bibliográfica, con el fin de conseguir datos preliminares de un tema y se aproxima al entendimiento del mismo, siendo de manera fundamental para el reconocimiento de lo que trata y lo que se tiene que conocer.

Con este método se podrá adquirir información indispensable para el desarrollo de la investigación, por medio de informes de documentos, tesis, libros, sitios web, revistas científica, etc.; de esta manera se puede ir conceptuando datos que vaya en concordancia, fuentes de donde se extrae la información, con sus respectivas citas y referencias. Este método nos otorga la facultad de adquirir información y tener una antesala de conceptos, características y propiedades para la elaboración del prototipo.

3.2. Requerimiento del prototipo

Para la elaboración del prototipo se solicita usar una tecnología que logre establecerse a una red inalámbrica y vincular distintos dispositivos en diferentes plazas de parqueo, teniendo en cuenta un consumo mínimo de energía para operar con una incesante duración en los sensores. En el caso del nodo coordinador este requiere que esté conectado a una fuente de energía, ya que estará junto al Raspberry pi que estarán ubicados en la central de monitoreo.

Se requieren elementos que puedan emparejarse con la tecnología inalámbrica que mejor se adapte al proyecto, cabe destacar el uso de sensores y microcontroladores calificados para trabajar de manera coordinada en una misma red; además se solicita unir cuantiosos nodos en una sola red para evitar sobrecargar el nodo principal.

3.3. Requerimiento de usuario

Para el requerimiento del usuario se necesita que en la superficie del estacionamiento vehicular donde se realizara el prototipo cuente con una longitud de 2.2 m, 1.2m ancho y al mismo tiempo cada mecanismo tiene que ser apto de emitir señales hacia el coordinado situado al control de monitoreo, que es el encargado de recibir la información de los nodos sensores.

3.4. Requerimiento de sistema

Para la elaboración del sistema se requiere una plataforma o entorno de desarrollo de código abierto con la facultad de crear un método capaz de dirigir los elementos electrónicos de la red; el código de línea debe de ejecutarse en forma de fases, haciendo esto sencillo para evitar gastos excesivos en espacio de memoria y está constituido por dos fases, en sistema para el nodo controlador y por otra parte por los nodos sensores. Al mismo tiempo se debe de estudiar los siguientes puntos

El rango de cobertura en el elemento de la red inalámbrica debería de ser localizado por otro elemento de dicha red con una verosimilitud de error insignificante. Teniendo en consideración que mientras más alcance tenga la cobertura, mayor es la probabilidad de que los nodos sensores que se sitúan más lejos no podrán vincularse con el nodo coordinador.

El gasto energético juega un papel de vital importancia para el desarrollo de dicho prototipo en el nodo sensor, por tal motivo que serán energizado por medio de una batería recargable, considerando que las baterías tienen un recurso limitado dentro del sistema. Por

lo que hay que hacer hincapié en aprovechar todo el recurso a su mínimo, sin descuidar la fiabilidad de la red generando un equilibrio entre la confiabilidad y el ahorro energético.

Como último punto es el diseño de la red considerando el tamaño ideal en la elaboración de los nodos sensores. Este debe ser un tamaño en el cual se ha aprovechado todo el espacio mínimo, para que no estorbe al momento que un vehículo se esté estacionando.

3.5. Comparación de proveedores

El factor económico incurre en la elaboración de este proyecto de tal manera que se hizo una comparativa con diferentes proveedores, como resultado se eligió al que se acoplaba y cumplía con nuestros requerimientos, haciendo un análisis implacable en los elementos principales de nuestra red.

3.6. Módulos ZigBee

Los módulos ZigBee poseen una virtud que se relaciona con la sencillez de su configuración, de tal manera que los parámetros se ajustan en una interfaz intuitiva y fácil de manejar, esto favorece en gran medida al programador. Por contraparte desfavorece que exista una posibilidad de total autonomía al momento de desarrollar las respectivas configuraciones; aun frente a esta desventaja cabe mencionar que la elaboración de este

proyecto, no requiere una configuración de forma compleja.

Aun cuando en el estándar 802.15.4/ZigBee se puede analizar un sin número de fabricantes de sensores inalámbricos. Entre los más reconocidos se encuentra en la tabla 7, con su correspondiente información detallada.

Tabla 7. Comparativa ZigBee de diferentes fabricantes.

PROVEEDOR	DIGI	CEL	ATMEL	ANAREN
Modulo	XBee	MeshConnect	ZigBit	Air
Voltaje de operación	2.1 – 3.6VDC	2.1 – 3.6 VDC	1.8 – 3.6 VDC	2.2 – 3.6
Sensibilidad en la recepción	-102 dBm	-100 dBm	-97 dBm	-95 dBm
Corriente de transmisión	33 mA	44 mA	16.4 mA	68 mA
Corriente de recepción	28mA	30 mA	9.6 mA	28 mA
Potencia de transmisión	+8 dBm	+8 dBm	3.6 dBm	+17 dBm
Corriente en modo reposo	1 μ A	1 μ A	0.6 μ A	0.4 μ A
Costo	\$ 48.93	\$ 51.77	\$ 55.01	\$ 52.20

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.7. Sensores

Existen un abanico de opciones de distintas gamas para los sensores, no obstante, algunos no cumplen con las necesidades mínimas requeridas para la elaboración de este proyecto. Los sensores infrarrojos, por ejemplo, la principal desventaja de este sensor es muy proclive a las moléculas de polvo y humedad, de tal forma también sucede con los sensores de intensidad luminosa, con el tiempo una barrera de polvo cubriría la parte del sensor, dando posibles errores falso siendo esto un problema al momento de controlar el sistema de forma eficiente. Por contraparte otros sensores que cumplen con las necesidades como el factor económico influye al momento de adquirir estos elementos. Dentro del análisis realizado se llegó a la conclusión que los sensores ultrasónico y sensores magnetómetros son ideal a la hora para la implementación del proyecto.

Tabla 8. Comparativa adaptadores XBee a Usb de fabricantes.

Fabricante	Parallax	Micropik	SparkFun
Nombre del producto	28015	HC-SR04	LV-Max-Sonar
Frecuencia Ultra sonido	40 kHz	40 kHz	42 kHz
Distancia de medición	2 – 300 cm	2 – 400 cm	0 – 645 cm
Voltaje de Operación	5 VDC	5 VDC	2.5 – 5.5 VDC
Corriente de Operación	30 mA	15 mA	3 mA
Frecuencia de lectura	40 Hz	40 Hz	40 Hz
Costo	\$ 29.99	\$ 3.95	\$ 25.95

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.7.1. Sensor ultrasónico

El sensor ultrasónico o ultrasonido utiliza ondas de ultrasonido para evaluar el trayecto donde se encuentra el obstáculo. En la ilustración 22, se mostrará el funcionamiento del sensor. La frecuencia en la que trabaja este sensor esta alrededor de 40 kHz y sirve para mediciones de proximidad. El cabezal envía una onda ultrasónica y recibe la onda reflejada que retorna desde el objeto. En la teoría la velocidad en la que viaja la onda ultrasónica es de 340 m/s. siguiendo la siguiente formula:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Espacio}}{\text{Tiempo}} \longrightarrow \text{Espacio} = \text{Velocidad} \times \text{Tiempo}$$

$$\text{Velocidad del sonido} = 343 \text{ m/s} = 0.0343 \text{ cm}/\mu\text{s}$$

$$\text{Espacio} = 0.0343 \times \text{Tiempo}$$

*Pero como la onda ha recorrido el camino dos veces (ida y vuelta) hay que dividir entre dos para conocer la distancia a la que se encuentra el objeto.

$$\boxed{\text{Espacio} = 0.01715 \times \text{Tiempo}}$$

Figura 11. Formula de Distancia del sensor proximidad. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

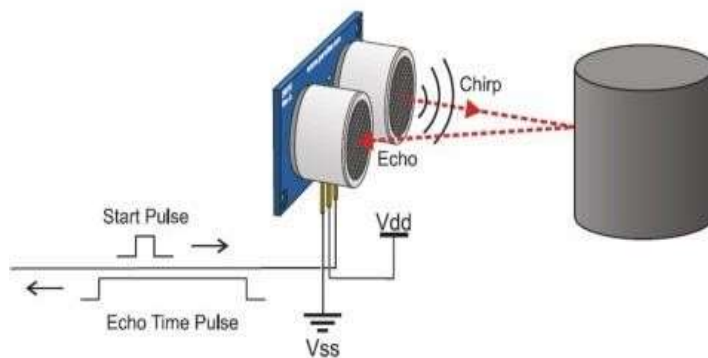


Figura 12. Funcionamiento de sensor ultrasónico, Tomado de Piero.

3.7.2. Sensor magnetómetro

Los sensores magnetómetros o magnéticos calculan la fuerza del campo magnético que los envuelve. Efectuando una conmutación electrónica ante la presencia de un campo magnético de la tierra siendo generado por los metales fundido en el centro del planeta. No obstante, este campo magnético puede ser perturbado si lo excitamos con material férreo, como es la composición del automóvil. A continuación, se ilustra el funcionamiento de dicho sensor.

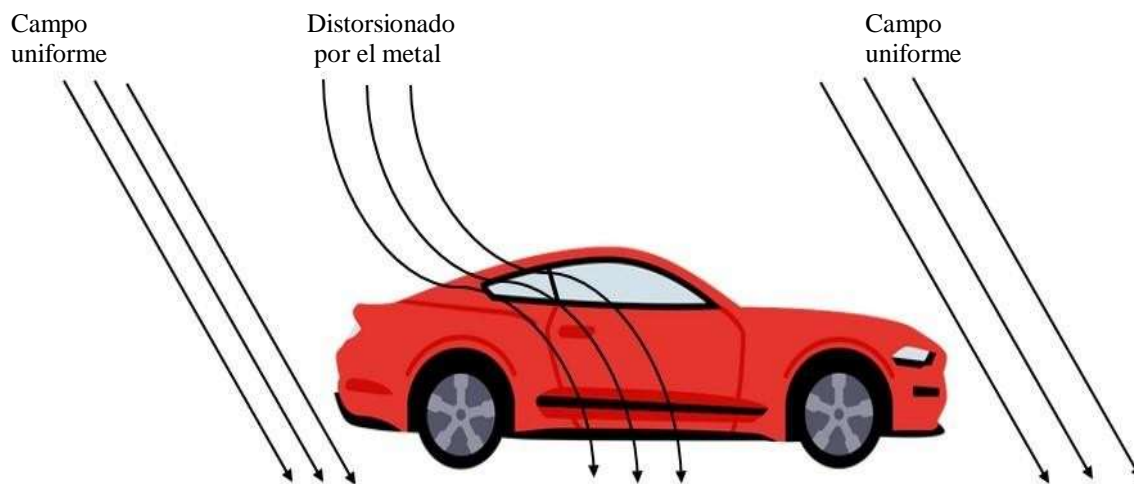


Figura 13. Alteración del campo magnético en la Tierra afectada por un automóvil liviano. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora bien, la información recopilada de los sensores magnético es más complicadode lo que nos indica. El campo magnético de la Tierra varia de forma impredecible. Teniendoun promedio de fluctuación desde $25 \mu\text{T}$ a $65 \mu\text{T}$; de tal manera que esta alteración es en relación al tiempo y distintos fenómenos atmosférico como la radiación solar. (*Una Visión General Del Campo Magnético de La Tierra*, n.d.)

De tal manera, la intensidad total se da por la suma de toda las equivalentes en una suma vectorial de sus tres componentes cartesianas conformada de la siguiente forma: en el eje de las X se encuentra norte-sur conocida como la longitud, en el eje de la Y se sitúa el este-oeste entendiéndose como latitud, por último, en el eje de la Z se encuentra la altitud. Se observa la siguiente ecuación. (*Una Visión General Del Campo Magnético de La Tierra*, n.d.)

$$\text{Intensidad de Campo (} \mu\text{T)} = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2}$$

Figura 14. Formula del campo Magnético del sensor magnetómetro. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

En la tabla 9 se ilustra el análisis de algunos elementos evaluados, elaborados como circuitos integrados.

Tabla 9. Comparativo sensor magnético.

Fabricante	Freescall	Inflneon	NVE
Modelo del producto	MAG3110	TLE5009	AA002
Corriente de alimentación	8.6 μ A	7 mA	6 mA
Voltaje de operación	1.96 – 3.5 VDC	<1 – 6.4 VDC	<1 – \pm 12 VDC
Operación lineal	\pm 10 Gauss	0 – 360°	\pm 3 Gauss
Temperatura	-40 – 85 °C	-40 – 150 °C	-50 – 150 °C
Costo	\$ 1.46	\$3.17	\$ 13.85

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.7.3. Microcontroladores

En la elaboración del nodo sensor, se requiere un elemento que pueda transformar la data obtenida por los sensores de proximidad y el magnetómetro del estado del sistema vehicular. Los microcontroladores son elementos electrónicos integrados que se emplea para gestionar el funcionamiento de una tarea determinada siendo moldeable para cumplir sus objetivos.

Se puede agregar como dato importante, para el desarrollo del proyecto se busca optimizar el uso de las baterías de los sensores como se había mencionado en puntos

anteriores, de este proceso asimismo también suple con algunas de sus funciones. En la Tabla 10. Se ilustrará una comparativa con diferentes microcontroladores. (Rivera, 2018)

Tabla 10. Comparativa entre diferentes modelos de Arduino

Modelo	Nano	Uno	Mega
Procesador	ATmega328	ATmega328p	ATmega2560
SRAM	2 KB	2 KB	8 KB
EEPROM	1 KB	1 KB	4 KB
Voltaje Operación	7 – 12 V	7 – 12 V	7 – 12 V
Costo	\$ 9.00	\$ 12.00	\$ 19.00

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Para la elaboración de los nodos sensores se tomó en consideración las dimensiones del Arduino, de tal forma que se escogió el Arduino nano por su uso muy práctico intuitivo y de menor proporciones optimizando que sea lo más compacto posible, cabe mencionar que tiene compatibilidad con los módulos XBee a diferencia de los otros elementos analizado, considerando los precios se optó por el más económica ya que cumple con las especificaciones necesarias.

3.8. Datos de entrada

La intención en la elaboración de este proyecto es emplear un control y gestión del estacionamiento de la Facultad de Ingeniería Industrial. De este modo los datos de entradas permiten la lectura de la presencia de un automóvil en un estacionamiento. Para esto, se estudia lo siguientes punto:

Distancia al suelo: Entre nuestros sensores para el desarrollo del prototipo está el ultrasónico, por tal motivo es de suma importancia la distancia medida por el sensor. Esto quiere decir que, si la distancia es en un rango menor a la distancia al suelo del automóvil, se valora el estado activo en el estacionamiento.

3.9. Datos de salida

Como datos de salida se ha definido las bases de datos, el servidor donde estará alojado nuestro sistema, De tal manera que se mostrará el número de espacio disponible y ocupados dentro del sistema. Por parte de las bases de datos se obtendrá una lista detallada de los espacios, en el cual se encuentra configurado nuestro dispositivo ZigBee, se usarán los

siguientes datos como punto de partida.

En la siguiente tabla se muestra como estarán representado los estados dentro del estacionamiento, de los cuales mencionados: Disponible y Ocupado. Como dato adicional se preestablecerá tres tipos de estacionamientos:

- Reservado: Defino exclusivamente para las autoridades dentro de la Facultad.
- Preferencial: Uso para personal con discapacidad física.
- Común: Es de acceso público quiere que cualquier usuario podrá ser uso del respectivo.

Es importante mencionar como estará estructurado el sistema al momento se visualiza los estados del estacionamiento, si un espacio se encuentra en estado ocupado se presentará en letras de color rojo dentro del sitio Web. Pero si el espacio se encuentra en estado disponible el color que representará será de color negro.

Tabla 11. Clasificación de estados.

Clasificación	Estados	
Reservado	Disponible	Ocupado
Preferencial	Disponible	Ocupado
Común	Disponible	Ocupado

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.10. Estructura del nodo sensor

En la ilustración 15 se visualiza la estructura por medio de cuadros de bloque, es necesario indicar que para este proyecto se utilizara dos sensores en la implementación del prototipo, siendo el intercomunicador ZigBee junto con el microcontrolador.

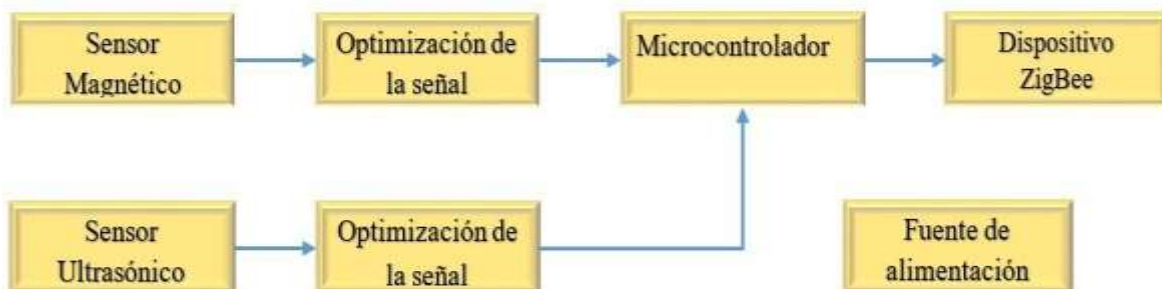


Figura 15. Esquema del nodo sensor. *Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.*

Es importante mencionar que se busca el ahorro de energía por tal motivo se configura el sistema del nodo sensor con una batería de 9 V y 400 mA. Optimizando este voltaje en ciclos de inactividad en el nodo sensor por ser un medio con capacidades limitadas. Pretendiendo gastar el mínimo consumo de intensidad de corriente. De tal manera que otra ventaja es durante los procesos de inactiva la batería puede recuperarse en unánima porción su carga. Mientras estaba en uso durante los procesos activos.

3.11. Elementos de la red Inalámbrica

Se presenta el módulo ZigBee S2C el cual su configuración es intuitiva, fácil de configurar siendo un modelo básico, usando bajos consumos de voltaje, supliendo su función de receptor y transmisor en redes inalámbricas, este sensor destaca entre los demás por la integración de su antena en la cual consiste en un cable flexible que se encuentra acoplado desde la placa logrando un mayor alcance ante los sensores mencionados.



ESPECIFICACIONES	REQUERIMIENTOS	XBEE S2C
VCC	3.3 V ; 5 V	2.16 – 3.6 V
ICC Transmisión	< 25 mA	33 mA
ICC Recepción	< 25 mA	28 mA
Compatibilidad	Alta	Alta
Sleep Mode	Si	Si
ICC Reposo	<< 50 μ A	-1 μ A
Costo		\$ 42

Figura 16. Módulo Xbee S2C con sus especificaciones. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.11.1. Sensor Dual

Para implementar este proyecto se ha escogido los siguientes sensores para el seguimiento de la existencia vehicular: El sensor ultrasónico HCSR-04 y el sensor magnetómetro HMC5883L.

3.11.1.1. Sensor Ultrasónico HCSR-04

El módulo HCSR-04 será el sensor que se implementara en el sistema, cuenta con una salida digital y esto a su vez lleva un sensor ultrasónico de tipo analógico, su ventaja es la fácil conexión a un microcontrolador para su posterior lectura, por tal motivo no requiere un elemento adicional como sería un acondicionador de señal por la razón que en su diseño

fábrica viene incluida. El sensor tiene la facultad de censar distancia con respecto al pisodel automóvil, se ha considerado la configuración para vehículos como es la Ford F-150 el intervalo que tiene este automóvil es de 29.22 cm; considerando esto se ha configurado con un considerable margen de error entre el datasheet del sensor nos indica que su rango de exploración sería 50 cm.

A continuación, en la siguiente ilustración 17. se muestra el sensor con sus respectivas características.



ESPECIFICACIONES	HC-SR04
ICC	15 mA
VCC	5 V
Rango de medición	400 cm
Resolucion	0.3 cm
ICC (Reposo)	3.5 mA
Costo	\$ 2.80

Figura 17. Sensor ultrasónico HC-SR04 con sus especificaciones. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.11.1.2. Sensor Magnético HMC5883L

El siguiente sensor implementando en este proyecto de investigación es el sensor magnético HMC5883L de Honeywell, las características serán presentadas a continuación en la siguiente ilustración. Este sensor tiene una particularidad que en su comportamiento tiene el efecto túnel esto será de utilidad para el control y monitoreo de la variación del campo magnético. Para estén sensor es excitado con 3.3 V. La forma que tiene este sensor para comunicar es a través del sistema serial (I²) * C. Apoyándose de la capacidad resistiva pull-up de forma que mejora la señal.



ESPECIFICACIONES	HMC5883L
ICC	100 μ A
VCC	2.15 – 3.6 V
ICC (Reposo)	2 μ A
Sensibilidad	2.2 LBS / μ T
Costo	\$ 5.00

Figura 18. Sensor magnetómetro HMC5883L con sus especificaciones. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.11.1.3. Arduino Nano

El microcontrolador Arduino Nano será quien unifique los datos recopilados por los dos sensores antes mencionado cumple con especificaciones necesarias en calidad, costo y

dimensiones. Este sensor trabaja con 5V por medio de una entrada USB mini, para la elaboración del nodo además será la conexión con el módulo Xbee, para el desarrollo del nodo sensor se debe considerar ciertas estructuras en el lenguaje de programación para esto se usa el IDE ARDUINO.



ESPECIFICACIONES	ARDUINO NANO
VCC	5 V
Flash Memory	32 KB
Procesador	ATmega 168
Clock Speed	16 MHZ
USB	Mini
ICC	40 mA
PWM	6 – 14 Digital Pin
Costo	\$ 5.00

Figura 19. Arduino nano con sus especificaciones. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.12. Codificación del Nodo Sensor

Por un lado, se aprecia el nodo sensor, cabe mencionar que la ubicación del mismo será en la mitad del estacionamiento y esta adecuado con los siguientes elementos (sensor de proximidad y sensor magnetómetro), con un microcontrolador Arduino nano y el módulo Xbee que estará energizado por una fuente de alimentación, el cual es una batería recargable. Sus componentes principales cuentan con la función dual, de esta forma el módulo de proximidad detectará si un objeto se está acercando a determinada distancia, mientras que el modulo magnetómetro indicara si este objeto es un vehículo por su determinado campo magnético al ser excitado por los metales que está constituido, en la siguiente imagen se aprecia el código usado, desarrollado en el IDE ARDUINO.



Figura 20. Código del nodo sensor en Arduino. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Luego que el código se haya cargado en programa de Arduino, se entra al monitor serie para corroborar que la información de las lecturas sean las correctas como se muestra en la siguiente figura, donde se estableció condicionales para que los sensores actúen de forma dual.

Una vez que el código haya compilado de manera exitosa se procede a establecer la comunicación entre los equipos Xbee siendo un puente de manera remota entre la información obtenida del nodo sensor hacia el servidor y posteriormente almacenada en nuestra base de datos.

Conectamos nuestro módulo Xbee al adaptador XBee/USB, al computador para empezar hacer las respectivas configuraciones. A continuación, se muestra una imagen en donde está conectado el módulo Xbee al computador.



Figura 21. Conexión del Xbee por medio de un USB adapter hacia la PC. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

En esta parte debemos de descargar el programa con el cual vamos a configurar los módulos Xbee, este software se llama XCTU y es proporcionado por la empresa DIGI, ahora conectado se procede a configurar dando clic en el icono que tiene forma de lupa con el cual vamos a encontrar el módulo Xbee. Se visualizará en los puertos común del USB, identificado en este caso en el puerto COM3, presionar en siguiente y finalizar.

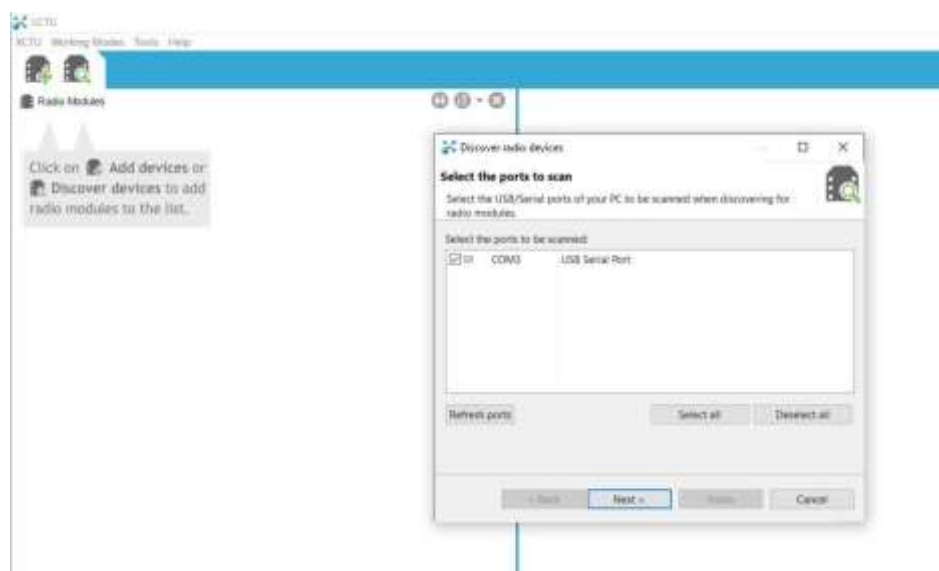


Figura 22. Detención del puerto COMUN en el programa XCTU. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Después de seleccionar el puerto COM el programa comienza hacer una búsqueda sobre el modulo conectado, luego nos aparecerá la opción de en agg device en el programa de Digi.

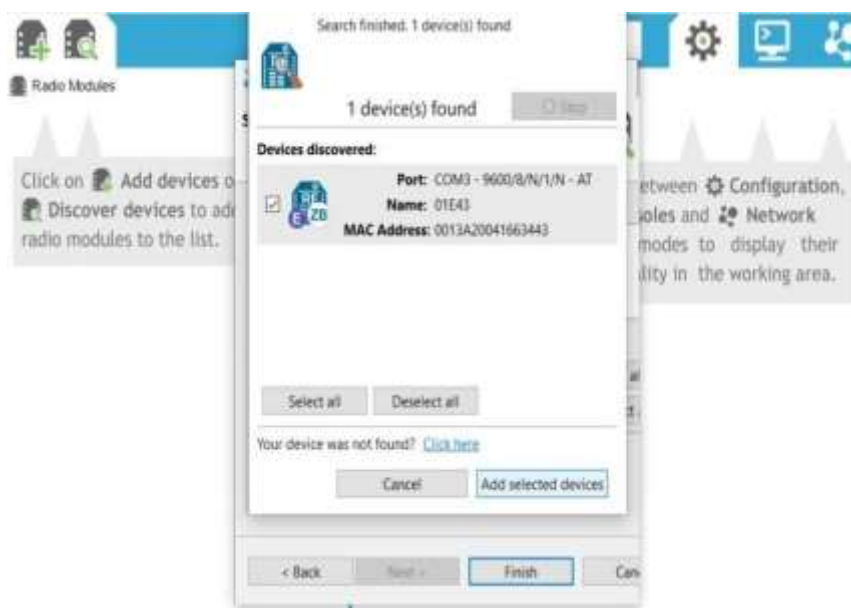


Figura 23. Identificación del módulo Xbee en el programa XCTU. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora que el dispositivo aparece en la lista, se debe dar doble clic y sus parámetros comenzaran a cargar como es la primera vez que configuramos el modulo.

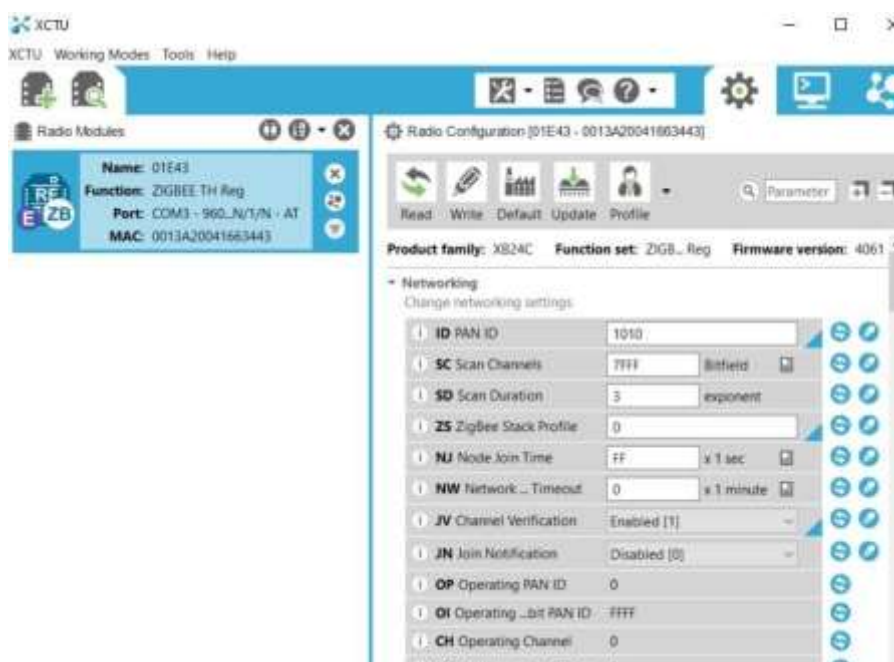


Figura 24. Configuración de parámetros en el programa XCTU. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Como el fin de este nodo es de convertirse en un dispositivo final, su configuración de transmisión de datos será en el modo AT y otros parámetros que se explicaran a continuación.

Después de haber codificado y realizar pruebas favorables se procede a elaborar la estructura en donde estará el nodo, para esto se usa el programa Proteus, dejando la base para la elaboración en una baquelita perforada, a continuación, se muestra la figura del programa Proteus con los elementos del nodo sensor.

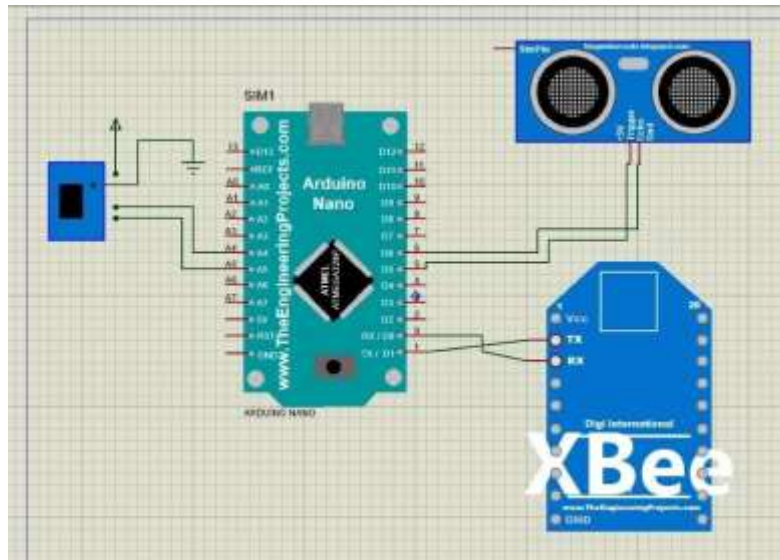


Figura 25. Estructura del nodo sensor en el programa Proteus. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Como antesala a la elaboración final del nodo sensor se harán unas pruebas previas mediante un protoboard conectando por cables macho hembra, macho macho el módulo XBee configurado y como se ha establecido junto con el código del Arduino.

Para empezar con las conexiones como primer paso es cargar el código al Arduino nano una vez cargado procedemos a colocar en el protoboard, seguido de esto se fija los sensores y por medio de los cables macho macho y macho hembra se empieza hacer las conexiones según sus pines como se ha definido en el programa Proteus.

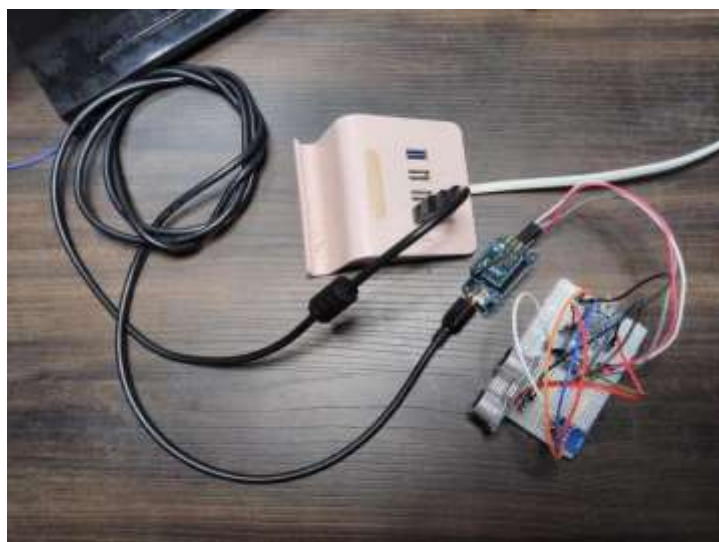


Figura 26. Conexiones de prueba del nodo sensor. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora se procede a conectar el Xbee que estará establecido como nodo coordinador al computador en donde se visualizará la información tomada del nodo sensor a través del programa XCTU de la compañía DIGI.



Figura 27. Conexiones de prueba del nodo coordinador. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora abrimos el programa XCTU para observar que la información se esté enviando desde el nodo sensor al nodo coordinador.

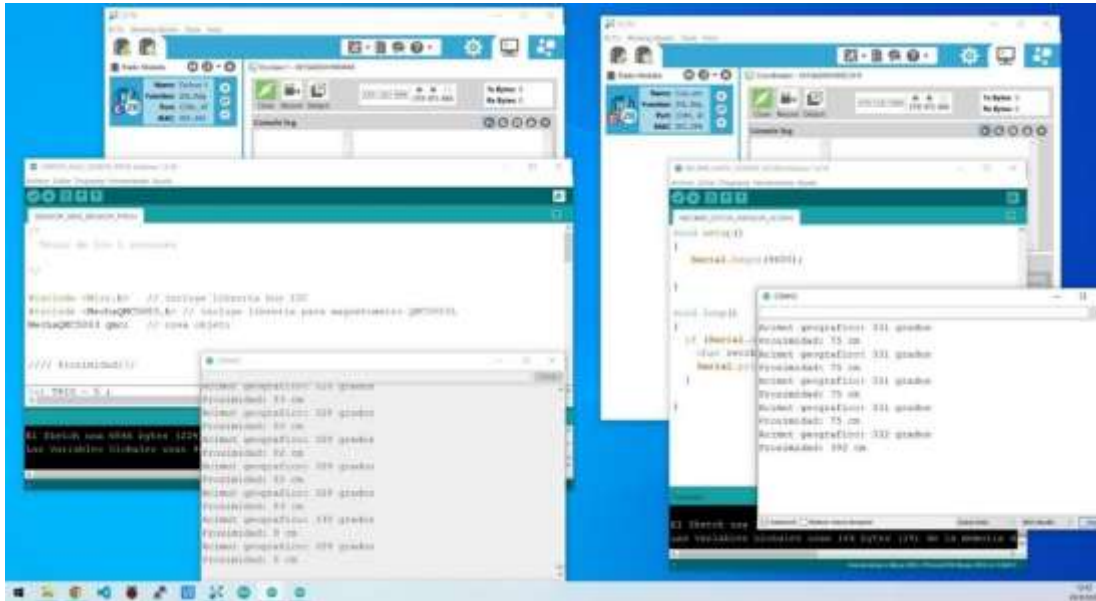


Figura 28. Prueba del nodo coordinador. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Como se puede apreciar las pruebas realizadas en la comunicación de la red inalámbrica en los nodos ha salido con éxito, ahora para finalizar empezaremos con la elaboración del nodo sensor para esto se usará los siguientes materiales.

Para esta prueba se usó un cargador quien le da energía al módulo 5V y 2.1 A de corriente directa, No obstante, para la elaboración del nodo sensor se usará una batería de litio con la capacidad de 3A con la facultad de ser recargable

3.12.1. Conexión del nodo Sensor

Los materiales necesarios para la elaboración del nodo sensor son:

- 1 Arduino nano con su respectivo cable
- 1 módulo Xbee S2C
- 1 Adaptador USB/Xbee
- 1 Sensor de Proximidad
- 1 Sensor Magnetómetro
- 1 Baquelita perforada
- 1 Bornera
- 1 Espadines macho hembra

En el apartado de los Anexos se deja constancia del trabajo final del nodo sensor en la baquelita perforada.

En la figura 29 se ilustra el esquema del sistema de monitoreo.

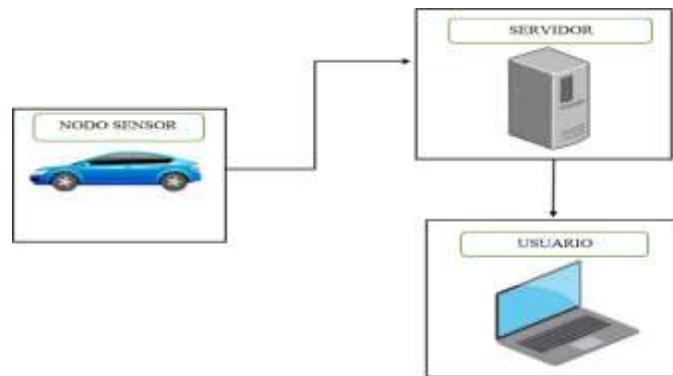


Figura 29. Esquema del sistema en general. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.13. Modelamiento y ubicación de nodo sensor

Para esta sección se ha considerado hacer un modelamiento en 3D en el programa modelado 3D. Considerando que los nodos pueden encontrarse en tres posiciones distinta. Teniendo como análisis la parte frontal, en la parte superior del parqueadero y por último la parte por debajo del vehículo. Como consecuencia para escatimar costos se decidió como mejor alternativa que el nodo sensor se encuentre en la parte inferior del vehículo de esta forma no se necesita de una estructura adicional.

En la figura 30 se muestra el modelamiento del estacionamiento en donde estará ubicado el nodo sensor.

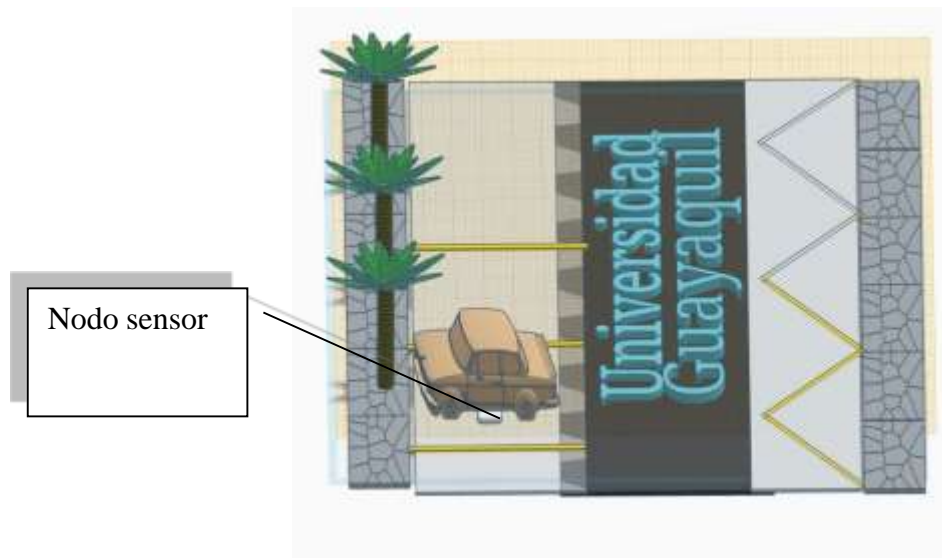


Figura 30. Modelamiento en 3D del estacionamiento en el programa modelado 3D. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.14. Estructura central de monitoreo

En la ilustración 42 se visualiza la estructura que lleva el nodo coordinador. Para este caso el nodo coordinador estará ubicado en la central de monitoreo teniendo los siguientes componentes incluidos como el transceptor ZigBee (nodo coordinador), el Raspberry el cual será nuestro servidor teniendo una conexión vía serial entre el servidor y el nodo coordinador. El servidor estará conectado a un tomacorriente de 110 VAC dando energía a la central de monitoreo, y este a su vez a los demás componentes.

De forma similar para el nodo coordinador se usó un módulo ZigBee modelo S2C. El nodo coordinador estará conectado con el servidor y este a su vez a una toma de 110V, por lo cual no necesita ahorro de energía. El módulo ZigBee usara para la comunicación un adaptador Xbee/USB.

3.15. Estructura del nodo coordinador

La función del nodo coordinador será el encargado de recibir los datos enviado por el nodo transmisor siendo puente hacia el Raspberry de los cuales deberá de seguir unas determinadas configuraciones a continuación se detallará el proceso.

3.15.1. Configuración del nodo coordinador

Para la siguiente configuración del nodo coordinador de manera similar a la configuración del nodo sensor, conectamos el módulo XBee a la computadora, por medio del USB xplorer agregamos el modulo en la plataforma de XCTU de la compañía Digi.



Figura 31. Configuración del nodo Coordinador. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.15.2. Configuración de parámetros en XCTU

una trama y está empezando la siguiente (0x7E); a esto le sigue el byte de longitud de la trama para este caso será solo de dos bytes, siendo el segundo el más significativo, siendo identificado como la cabecera de la trama también.

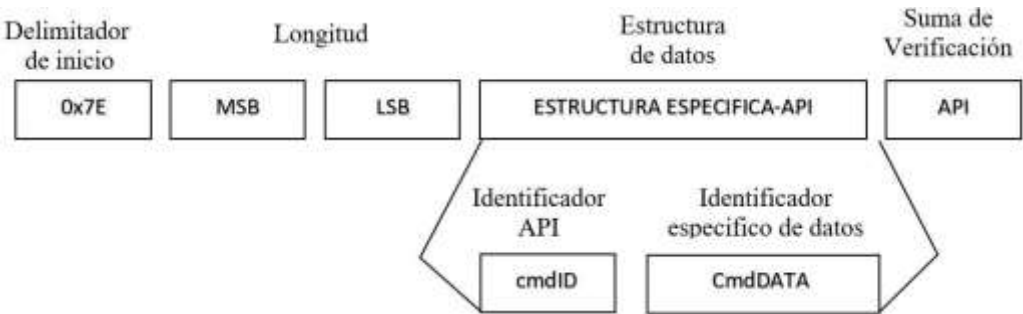


Figura 32. Trama API. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora el coordinador las configuraciones son similares con algunos detalles que deben tomar en consideración, el coordinador no puede estar en modo Sleep (SM) ya que alhacerlo estaría inhibida la red todo el tiempo sin poder interactuar con el nodo sensor.

3.15.3. Configuración de los módulos Xbee

Tabla 12. Parámetros de los módulos en la plataforma XCTU.

Parámetros	Descripción	Nodo Sensor	Nodo Coordinador
ID	Pan ID	2208	2208
CH	Canal de Operación	0x11	0x11
CE	Modo Coordinador	Disable	Enable
SH	Numero de Serial en Alto	0013A200	0013A200
SL	Numero de Serial en Bajo	FFFF	FFFF
PL	Nivel de Potencia de transmisión	Máxima	Máxima
PM	Modo Potencia	Boost Mode	Boost Mode
AP	AT/API	AT	AT
SP	Periodo cíclico de hibernación	2 ms	30 ms
SN	Numero de periodos cíclicos de hibernación	Por Defecto	Por Defecto
SM	Sleep Mode	Pin Hibernate	No Sleep

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.15.4. Pruebas de comunicación de la red Inalámbrica

Por medio de la plataforma XCTU, se realizará diferentes tipos de pruebas en la cual observaremos el comportamiento de la red inalámbrica. En el apartado de la plataforma se encuentra la opción de revisar si en nodos existe comunicación por medio de Switch to Network Working.

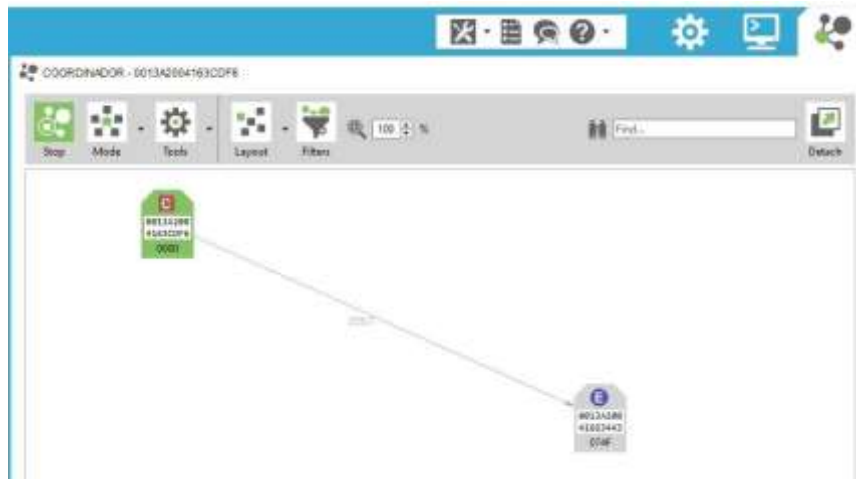


Figura 33. Conexión Switch to Network Working. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora se procede hacer pruebas a enviando datos por la consola que trae el sistema XCTU. En el cual el nodo sensor envía la información y se visualiza en un color azul mientras que el nodo coordinador será quien recibe y su color será rojo.

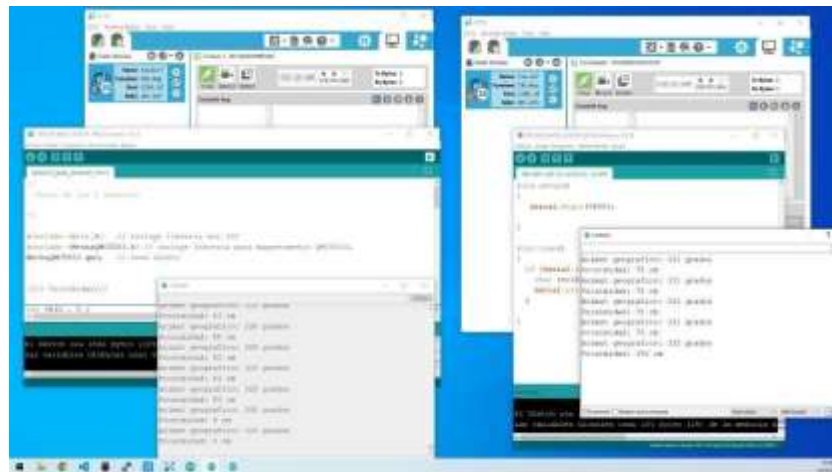


Figura 34. Prueba de comunicación por consola de la red inalámbrica. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Se gestiona una prueba de conexión con línea de vista en los módulos XBee de radio frecuencia, en la figura 35, en lo que se modifican las configuraciones de Rx timeout (ms), Tx interval (ms) y el valor de paquetes. Los datos recibidos se incluyen en la tabla 13.



Figura 35. Prueba de cobertura de la red inalámbrica. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Tabla 13. Pruebas de la red inalámbrica.

Potencia	Potencia	Paquetes	Paquetes	Tramo	Tiempo
Emisor	Receptor	Enviados	Recibidos	Aproximado	TX y Rx
-66 dBm	-66 dBm	100	100	12 m	1000 ms

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Ahora se procede hacer una prueba de conexión sin línea de vista en el cual se aumenta la distancia y de la misma forma con los parámetros prestablecido de la primera prueba realizada con el fin de obtener un resultado en la intercomunicación. En la siguiente tabla se plasmó la información obtenida.

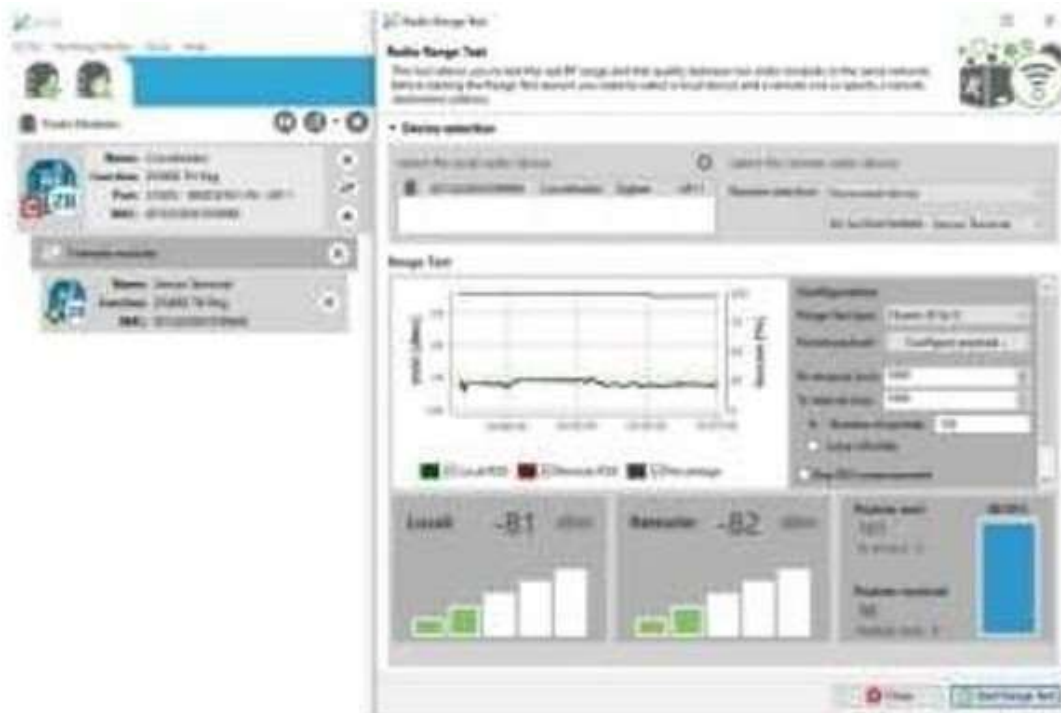


Figura 36. Test de cobertura interior a exterior con 16 metros de distancia. Información tomada de la investigación directa. Elaborado por Felix Iñiguez

Tabla 14. Resultados de prueba de conexión interior a exterior.

Potencia	Potencia	Paquetes	Paquetes	Tramo	Tiempo
Emisor	Receptor	Enviados	Recibidos	Aproximado	TX y Rx
-81 dBm	-82 dBm	100	100	16 m	1000 ms

Información tomada de la investigación web. Información tomada de la investigación web.
Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Se ejecutaron pruebas sin líneas de vista con una diferencia de espacio superiores a 25 metros en el cual se pretende determinar la distancia que dejaría de enviar y recibir información a los nodos ocasionando fallos de transmisión y perdidas de paquetes de datos.



Figura 37. Test de cobertura interior con 22 metros de distancia. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Tabla 15. Prueba de conexión mayor distancia.

Prueba #	Potencia del Emisor	Potencia del Receptor	Paquetes Enviados	Paquetes Recibidos	Distancia Aproximada	Tiempo TX y Rx
1	-91 dBm	-90 dBm	100	55	21 m	1000 ms
2	-88 dBm	-87 dBm	100	53	21 m	1000 ms
3	-96 dBm	-94 dBm	100	30	27 m	1000 ms
5	-93 dBm	-92 dBm	100	17	30 m	1000 ms
6	-91 dBm	-90 dBm	100	14	32 m	1000 ms

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Como se ha observado en los resultados la sensibilidad del receptor es de -100 dBm en él se encuentra en un rango que la información sea descryptada. El caso de presentar inconvenientes se puede usar un tercer módulo que estaría configurado como router, que envía la información recibida del nodo sensor al nodo coordinador de esta forma se propia extender la red a lugares sin línea de vista.

3.16. Conexión del coordinador con el Raspberry Pi

El nodo coordinador será conectado directamente al Raspberry Pi por medio la entrada USB de esta forma la comunicación será vía serial en la siguiente imagen se muestracomo está conectado.

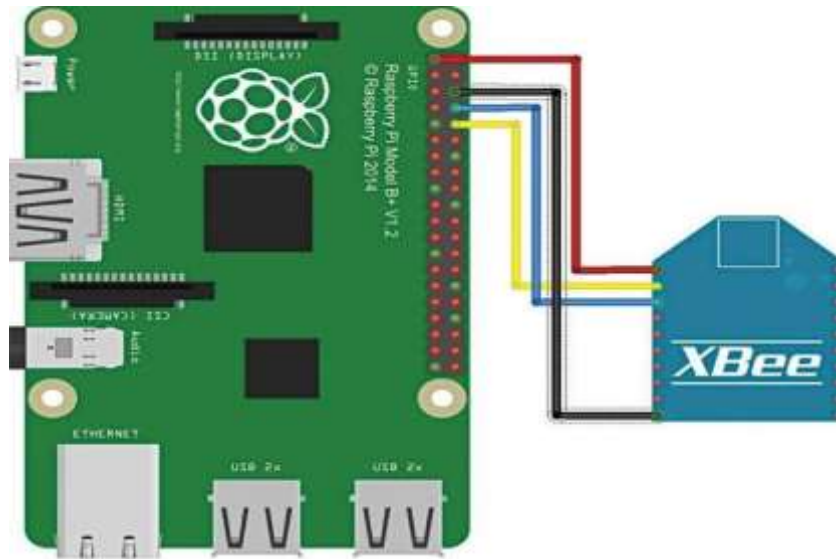


Figura 38. Conexión entre el Raspberry pi y el Xbee. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.17. Desarrollo del software de control

En la figura 51. se presenta el flujograma de software de control de datos en el Raspberry será la base de servidor, de tal forma que será nuestro núcleo en todo el sistema siendo el receptor del nodo coordinador. Se utilizó el IDE Visual Studio Code para la comunicación entre con el dispositivo usando el lenguaje de Python, el cual tendrá la función de recibir las tramas, procesarlas y enviarla a la base de datos.

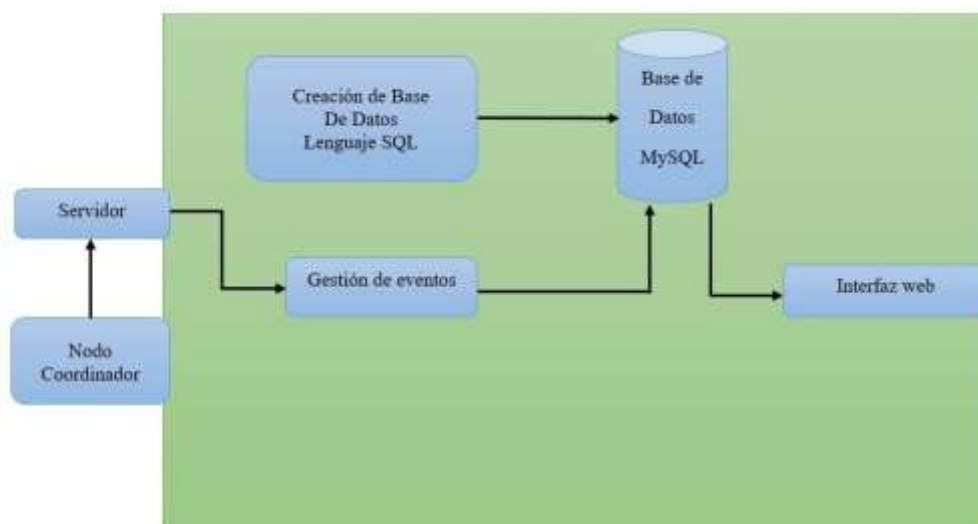


Figura 39. Diagrama del Software del servidor. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.17.1. Instalación sistema operativo del Raspberry pi

Para configurar el Raspberry Pi se debe de Bootear el sistema Operativo a través de una memoria SD, se recomienda que la memoria sea superior a 8 Gb. El Raspberry Se trabajará con la versión de 32 bits y el software que se usara para cargar la imagen es el programa Rufus versión 3.20.

En el apartado del Anexo 4 se detalla el proceso.



Figura 40. Adaptador de Sd. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

una vez instalado el sistema operativo donde se estará trabajando en este caso Raspbian de 32 bits, como siguiente es actualizar los repositorios abriendo una terminal del programa usando los siguientes comandos. “`sudo apt-get update && sudo apt-get upgrade`” presionamos enter una vez que los repositorios se actualicen reiniciamos el Raspberry Pi 2B.

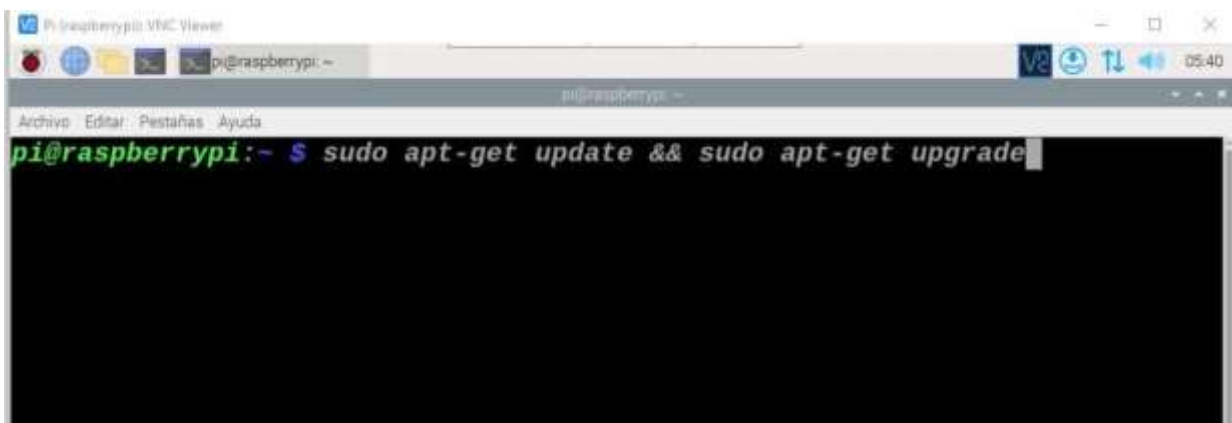


Figura 41. Comandos para actualizar los repositorios de Raspbian. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.17.2. Lectura del Nodo coordinador al Raspberry

Después de actualizar los repositorios del Raspberry Pi 2B se procede hacer la codificación para que los datos del nodo coordinador sean enviado al Raspberry pi a través del serial puerto, para esto se ha creado un código en el lenguaje de programación Python,

este programa cumple con la función de procesar, validar la información de la disponibilidad del estacionamiento en donde se encuentra el nodo sensor.

```

[ '1', 'ACIMUT:', '124', '1', 'Proximidad:', '3', 'A1' ]
((1, 'A1', 'Parqueado', '2022-09-05 23:22:21'),)
1
1
Parqueado
[ '1', 'ACIMUT:', '126', '0', 'Proximidad:', '140', 'A1' ]
((1, 'A1', 'Parqueado', '2022-09-05 23:22:21'),)
1
0
Parqueado
1
Desocupado
[ '1', 'ACIMUT:', '127', '0', 'Proximidad:', '139', 'A1' ]
((2, 'A1', 'Desocupado', '2022-09-05 23:22:36'),)
1
0
Desocupado

```

Figura 42. Datos recibidos de los Xbee en Python. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Se visualiza los resultados de las lecturas, Al momento de recibir la data el programa procesa esa información y es enviada a la base de datos, en el nodo sensor el Arduino tiene un ID en el cual identifica el estacionamiento. para luego mostrarse en la página web cual estaría disponible y cual ocupado.

3.18. Gestor de Base de Datos

MySQL será el gestor de Base de Datos determinado para la aplicación web al poseer un entorno amigable y ventajas favorables al poder ser posible la comunicación entre el lenguaje Python y nuestra base de datos.

3.18.1. Instalación de la base de datos

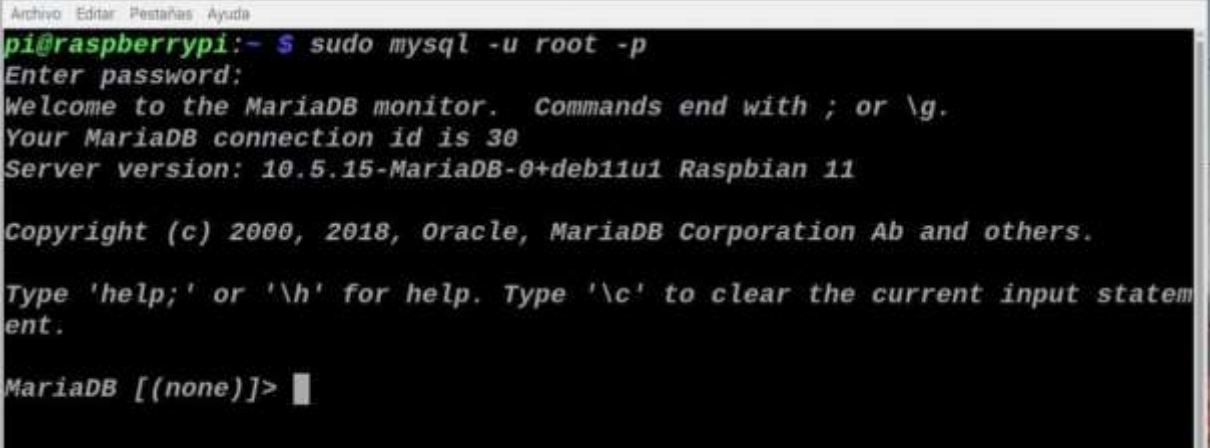
A continuación, se describe el proceso que se llevó a cabo para la creación de la base de datos que se implementó para este proyecto, en el cual se empieza detallando la instalación del gestor.

Tabla 16. Comandos para instalar el gestor de base de datos.

Instalación de la base de Datos	
Comandos	Funcionalidad
sudo apt install mariadb-server	Instala servicio de base de datos mariadb
sudo mysql_secure_installation	Asignar clave al servicio
sudo mysql -u root -p	Entrando al servicio de base de datos

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Después de haber finalizado la instalación, se inicia con la creación de la base de datos donde se almacenará la data correspondiente en la misma línea terminal con el ultimo comando de la tabla 16.



```

Archivo Editar Pestañas Ayuda
pi@raspberrypi:~ $ sudo mysql -u root -p
Enter password:
Welcome to the MariaDB monitor.  Commands end with ; or \g.
Your MariaDB connection id is 30
Server version: 10.5.15-MariaDB-0+deb11u1 Raspbian 11

Copyright (c) 2000, 2018, Oracle, MariaDB Corporation Ab and others.

Type 'help;' or '\h' for help. Type '\c' to clear the current input statement.

MariaDB [(none)]>

```

Figura 43. Gestor de bases de datos Xbee. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Para la creación de la base de datos se usará los siguientes comandos.

Tabla 17 Comandos de la Base de Datos test

Comandos	Funcionalidad
CREATE DATABASE test;	#Se ha creado una base de datos llamada test.
SHOW DATABASES;	#Muestra toda las bases de datos que existen.
USE test;	#Cambiar de base de datos.
QUIT;	#Cerrar sección de la base datos

La base de datos se debe de establecer la conexión entre el programa donde se recibelos datos de los sensores a través de la red inalámbrica y la base de datos.

3.18.2. Conexión a la base de datos

Luego de corroborar que la información sea fidedigna se hace la conexión entre el

programa Python con la base de datos y la almacena para luego ser mostrada por el Frontend, todo esto ocurre detrás del Backend. A continuación, en la figura 48 se muestra la conexión dentro del programa que se ha creado.



Figura 44. Conexión a la base de datos en Python. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Después de hacer las respectivas pruebas recibiendo la información de los sensores del estacionamiento y enviarlas a la base de datos, se comienza a configurar el Backend, para esto vamos a usar el Framework express de node.js.

3.19. Instalación del Framework

Se empieza a instalar el Framework express/node de código abierto y multiplataforma, con la finalidad de poder crear nuestro entorno web teniendo una configuración entre el Backend y el Frontend, con los siguientes comandos mostrados en la tabla 18.

Tabla 18. Comandos para crear Express

Instalación Express	
Comandos	Funcionalidad
npm install express	instalación de express
npm i -g express-generator	instalar dependencias del generador de proyecto
express --view=ejs misitio	crear el proyecto con vistas .ejs
npm install -g sequelize-cli	instalar el ORM
npm install --save sequelize mysql2	instalar sequelize en proyecto de mysql2
sequelize init	inicia sequelize
npm install -g sequelize-auto	librería de sequelize
sequelize-auto -h localhost -d misitio -u root -x password -p 3306	replicación de modelos de la base

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

El Framework Express crea una carpeta en la ruta `/home/pi` con el nombre que se le ha asignado en este caso *misitio* en la figura 45 se muestra la carpeta creada.

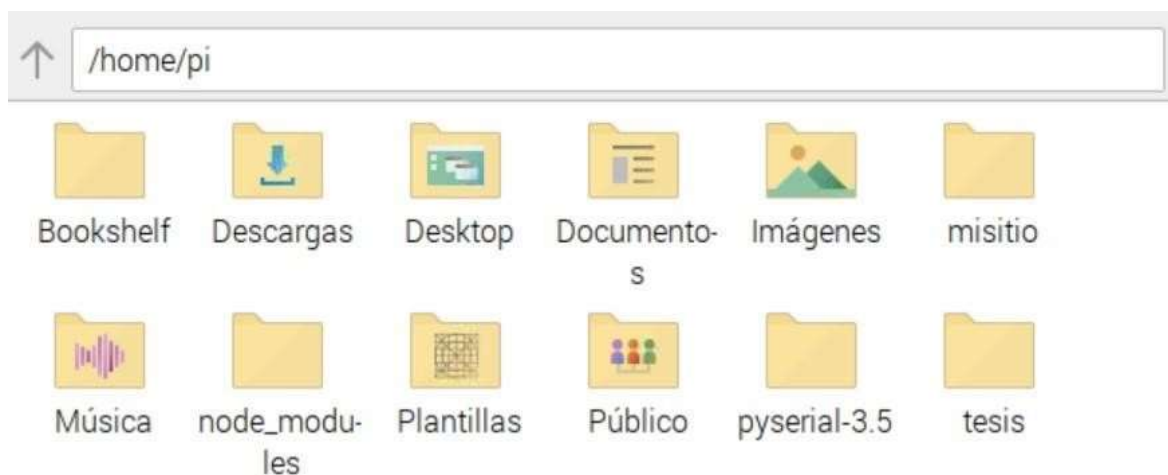


Figura 45. Raíz del Raspbian con la carpeta *misitio*. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

Al entrar a mi sitio se observa que se ha creado distintas carpetas las cuales se tienen su funcionalidad en particular,

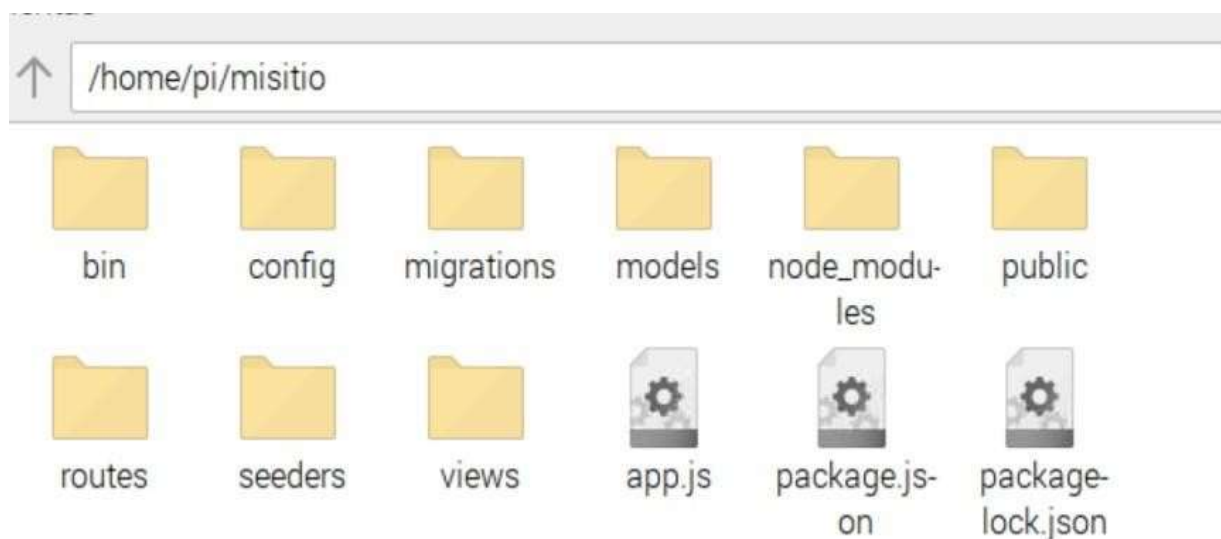


Figura 46. Raíz del Raspbian con la carpeta *misitio*. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

En la carpeta *views* es donde se codificará el HTML y CSS el cual será el entorno gráfico que el usuario final.

3.19.1. Interfaz grafica

Para la configuración del Frontend será codificada en HTML (Lenguaje de Marcas de Hipertexto) y CSS (Hoja de Estilo en Cascada) el cual se ha analizado los respectivos requerimientos dando como resultado. La página web se ilustrará en la figura 47. creada de manera responsiva, esto alude a que cualquier dispositivo móvil se ajustará en sus dimensiones para ser visualizada de forma dinámica ya sea que el usuario la revise en una Tablet, PC, Smartphone, de tal forma que tendrá la posibilidad de consultar en todo momento sin importar el equipo que disponga.

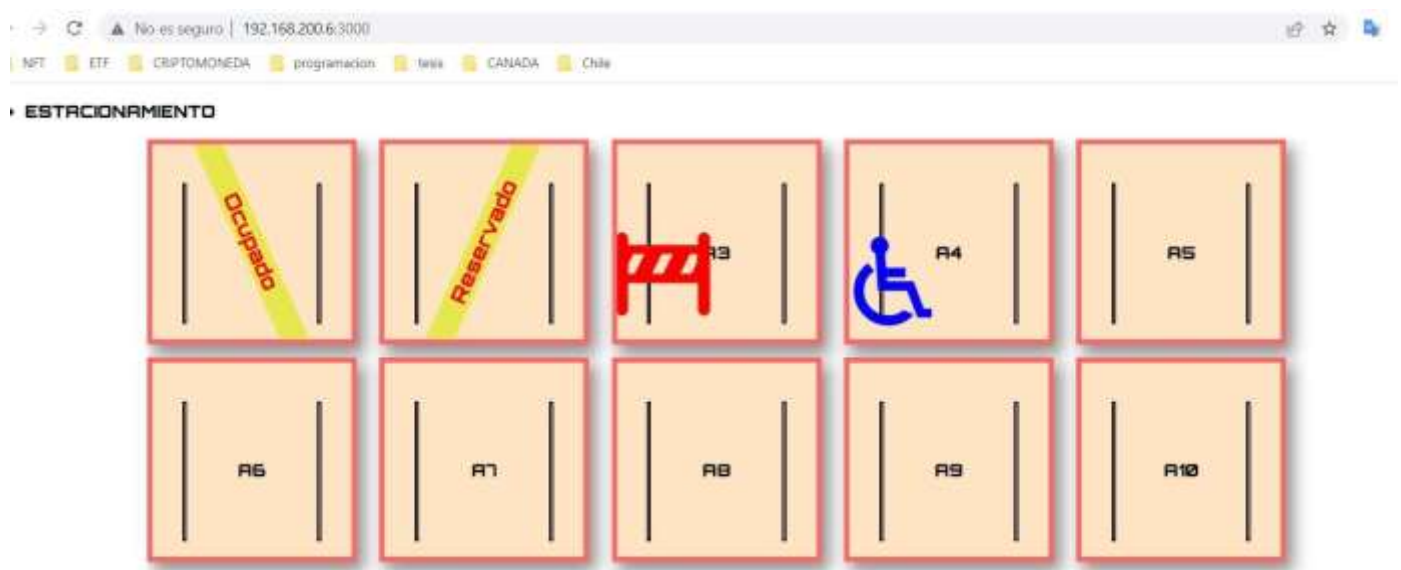


Figura 47. Interfaz gráfica del sistema de estacionamiento. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3.20. Predicción del tipo de cambio de disponibilidad de estacionamiento

Es de vital importancia para la facultad de Ingeniería Industrial pronosticar en que momento el estacionamiento se encontrara con todas las plazas ocupadas, dando una solución al usuario final de habilitar otro espacio para que puedan aparcar su vehículo de forma segura otorgándole comodidad dentro de las instalaciones educativa. De tal forma con la ayuda del Data Science esto se puede lograr con un modelo de predicción de regresión lineal.

3.20.1. Regresión lineal en R

Se ha implementado un sistema de predicción de regresión lineal en el lenguaje R, ya

que permite la manipulación de datos con gran velocidad siendo un lenguaje resolutivo y eficaz a la hora de analizar datos, dedicado a la estadística haciendo correlaciones, modelamientos matemáticos, usando una sintaxis fácil de interpretar.

3.20.2. Funcionamiento del sistema de estacionamiento en lenguaje R

Los datos que se pretende analizar serán en base a la data obtenida del estacionamiento vehicular, como primer paso se debe de definir dos variables con la cuales se busca llegar a encontrar si existe un patrón de relación y coincidencias. Es importante destacar que la recopilación de datos para crear la data sea históricamente amplia así se podrá determinar con mayor exactitud.

Como primer punto es exportar la base el cual se ha definido con el nombre de test que se encuentra con el formato xlsx que corresponde a un archivo de Excel. Se debe de definir las variables como variable dependiente se usará los cambios de estado que ocurre a través de mi variable independiente definida como horas ocupados.

Se define cambio de estado y horas ocupados como variables, con la ayuda de la estadística descriptiva se obtiene tabla de frecuencia para el cambio de estado representando la disponibilidad del parqueadero junto con las horas concurridas al pasar del estado ocupado a desocupado, con esta información obtenida se calcularía su media, desviación estándar para sacar los percentiles en la distribución normal.

Con los percentiles por día o semana según la cantidad de data analizada dentro de la base de datos, se forma una nueva tabla con las frecuencias de cambio de estado y promedio de horas ocupada por estacionamiento, como resultado se crea una regresión lineal.

3.20.3. Código de regresión lineal en R Studio

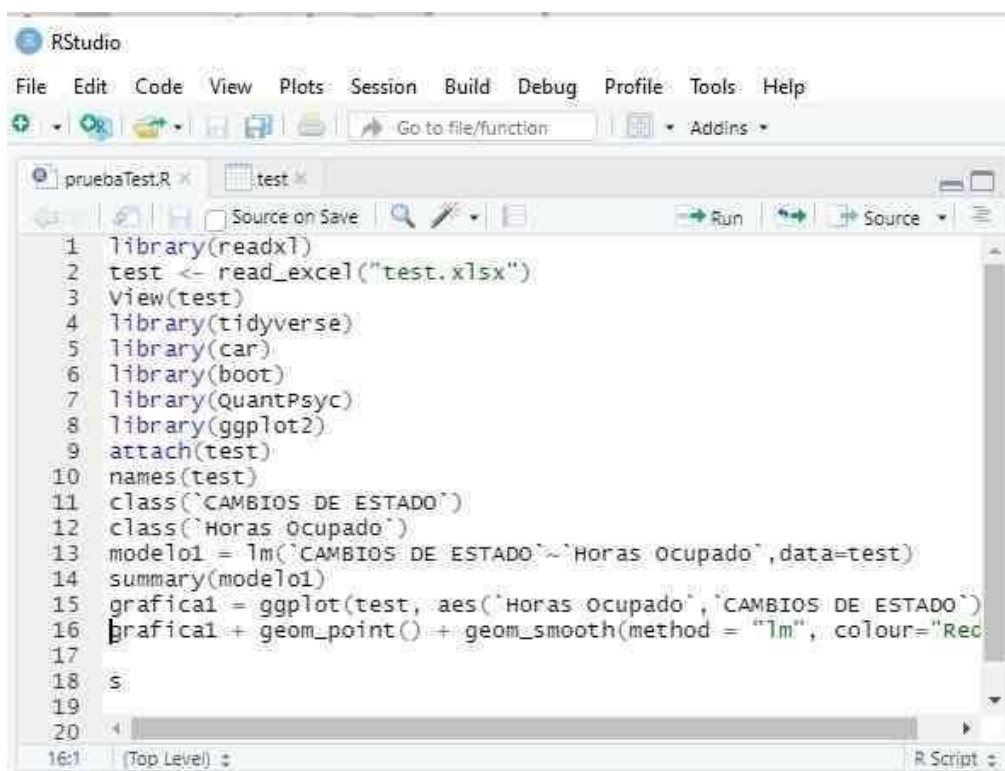
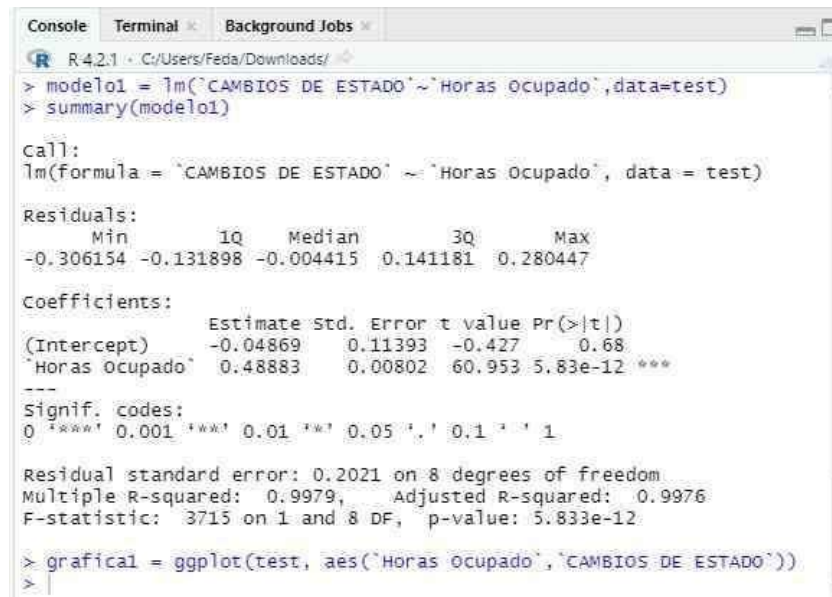


Figura 48. Código de regresión lineal en R. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

En la imagen se puede apreciar que con el comando `test <- read_excel("test.xlsx")` se está importando la base de datos, creando una segunda pantalla llamada `test` en la cual se puede visualizar dicha tabla.

Se utiliza la librería `tidyverse` el cual es un conjunto de librerías de R diseñadas para el análisis y la manipulación de datos. De forma conjunta en el sistema se hace uso de la librería `ggplot2` siendo un paquete para la visualización de datos en forma gráfica.

3.20.4. Pruebas de regresión lineal realizada en R Studio



```

R 4.2.1 - C:/Users/Feda/Downloads/
> modelo1 = lm('CAMBIOS DE ESTADO' ~ 'Horas Ocupado', data=test)
> summary(modelo1)

Call:
lm(formula = "CAMBIOS DE ESTADO" ~ "Horas Ocupado", data = test)

Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-0.306154 -0.131898 -0.004415  0.141181  0.280447

Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  -0.04869    0.11393   -0.427    0.68
'Horas Ocupado'  0.48883    0.00802  60.953 5.83e-12 ***
---
Signif. codes:
  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2021 on 8 degrees of freedom
Multiple R-squared:  0.9979,    Adjusted R-squared:  0.9976
F-statistic: 3715 on 1 and 8 DF, p-value: 5.833e-12

> grafical = ggplot(test, aes('Horas Ocupado', 'CAMBIOS DE ESTADO'))
>

```

Figura 49. Interfaz gráfica del sistema de estacionamiento. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

En la ilustración se puede observar el resultado obtenido a través de la programación del modelo probabilístico en RStudio en el cual se destaca la información de los residuales y la estimación, teniendo en cuenta por cada hora de estacionamiento ocupado existe una probabilidad del 0.48883% de que este estado cambie a desocupado, sin embargo, teniendo en cuenta que esta disminuya pueda existir un cambio de estado de -0.04869%

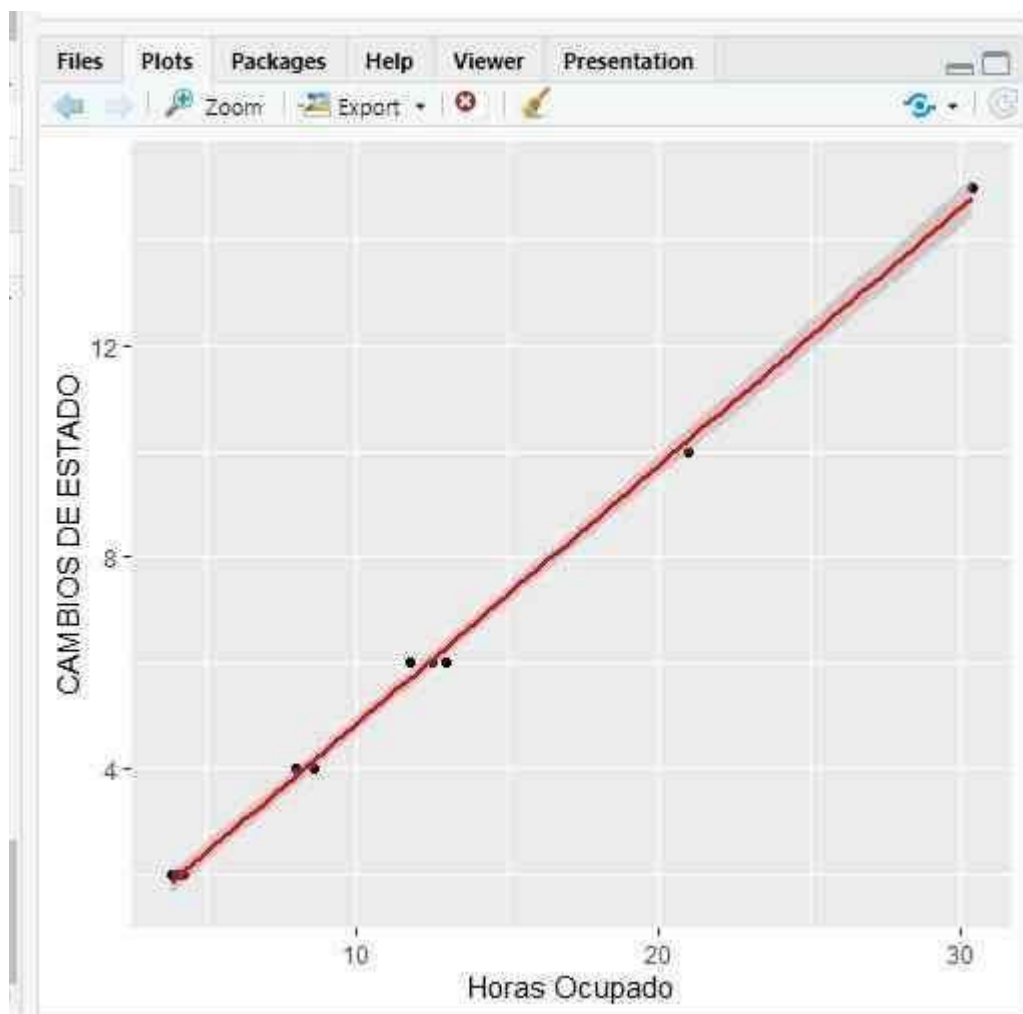


Figura 50. Interfaz gráfica del sistema de estacionamiento. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Como resultado del gráfico de las variables se puede apreciar que a medida que incrementan las horas ocupadas, aumentan los cambios de estado, se observa que la relación de las dos variables es de manera lineal con una dispersión que parece constante.

3.21. Análisis de la hipótesis

Se llega a cumplir con la hipótesis considerando la unión de sistemas de comunicación, utilizando microprocesadores que obtienen datos precisos y en tiempo real de los estacionamientos que se encuentran ocupados o desocupados en el establecimiento y a su vez esta es almacenada en el servidor para tomar los datos recolectados y poder realizar un análisis estadístico para poder potenciar el uso y beneficios que brinda un estacionamiento inteligente para la facultad de ingeniería de la universidad de Guayaquil.

3.22. Costo de Inversión

A continuación, se describirá el costo de inversión para el desarrollo de la presente

tesis (ver tabla 19.). En el cual incluye el costo de los elementos, software, hardware y materiales que se usó para la fabricación del siguiente proyecto.

Tabla 19. Costo total del prototipo.

Costo de equipos y materiales			
Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
Modulo RF/ Xbee ZigBee S2C	\$ 65.00	2	\$ 130.00
Arduino Nano	\$ 5.00	1	\$ 5.00
Sensor Ultrasonico H-SR04	\$ 2.80	1	\$ 2.80
Sensor Magnetico HMC5883L	\$ 5.00	1	\$ 5.00
Otros Componentes	\$ 7.75	1	\$ 7.75
Adaptador USB / Xbee	\$ 10.00	2	\$ 20.00
Raspberry Pi 2B	\$ 45.00	1	\$ 45.00
Computador	\$ 300.00	1	\$ 300.00
Software			
MySQL	\$	1	\$
XCTU	\$	1	\$
R	\$	1	\$
Arduino	\$	1	\$
Raspbian	\$	1	\$
Costo total			\$ 515.55

Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Conclusiones

Se concluyó en base al prototipo y la demostración de herramientas tecnológica que, mediante el uso de dispositivos Xbee S2C se puede implementar redes más amplias siendo escalable permitiendo acoplar nuevos sensores, de tal forma se podría monitorear todos los espacios de estacionamientos dentro de la facultad de Ingeniería Industrial.

Se determinó que en la elaboración de un sistema informático mediante la red ZigBee y el servidor Raspberry Pi tiene un alto flujo de funcionamiento la cual ha redireccionado la información obtenida con total satisfacción en las pruebas realizadas.

Se llegó a determinar que el tamaño de la base de datos influye en el desempeño del modelo estadístico de Data Science, a medida que se aumenta la data se puede observar que el modelo incrementa la precisión del estado de cambio de cada estacionamiento vehicular

en la Facultad de Ingeniería Industrial.

Se determinó que como parte fundamental para la elaboración del sistema es conocer las características de los componentes a nivel de software como de hardware y las limitantes que se registran en el datasheet, y a su vez en la elaboración de la misma se puede observar la verificación del cumplimiento y funcionalidad del mismo para monitorear el estacionamiento vehicular usando redes inalámbricas Xbee con una interfaz local. Su principal característica fue elaborarlo con piezas de bajo costo, consumiendo poca energía por el modo cíclico de suspensión de los dispositivos Xbee.

Recomendaciones

Mediante la finalización de este prototipo se sugiere utilizar versiones actualizadas de hardware y software de Raspberry Pi o en su defecto la utilización de un servidor cloud computer como es el caso de Azure, con el fin de mejorar la eficiencia y rendimiento del sistema para la transmisión de datos de baja frecuencia.

Al desarrollar un proyecto con Raspberry Pi, es buena idea considerar la cantidad de accesorios que usará. Esto se debe a que los puertos USB son limitados y es posible que pueda conectarse mediante un concentrador con alimentación.

Se recomienda adecuar un sistema de enfriamiento al Raspberry Pi modelo 2 B, para evitar posibles calentamientos y fallos dentro de sus microcomponentes electrónicos, el objetivo principal es de suplir como servidor local ya que carece de esta herramienta vital para un correcto funcionamiento.

Para que la predicción de datos estadísticos tenga más impacto al momento de hacer análisis estadístico aplicando herramientas de Data Science para posterior hacer toma de decisión se recomienda recopilar data de al menos mínimo tres meses.

ANEXOS

Anexo 1

Instalación de programa XCTU

1. Debe de abrir el navegador e introducir a la página oficial de DIGI a través de la siguiente URL <https://www.digi.com/xbee>
2. Entrar en la sección de support del programa ubicado en la parte superior, presionar clic en browser by product.



Figura 51. Instalación XCTU. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

3. Buscar el apartado de Digi Xbee herramientas y seleccionar XCTU.
4. En la parte inferior esta la opción de resource/utilities, en el cual se debe de escogerla versión y compatibilidad del sistema operativo.
5. Por ultimo darle clic en la opción de descargar.



Figura 52. Compatibilidad XCTU. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

6. Una vez terminada la descarga del archivo se ejecuta al darle doble clic, ahora se saldrá ventanas de alerta de configuraciones del programa.
7. Esperar el que se termine de instalar y por ultimo darle en finalizar.

Anexos 2

Instalación de Arduino IDE

1. Dirigirse al sitio oficial de Arduino <https://www.arduino.cc>
2. Buscar la opción de descargar, escoger la versión más reciente y compatibilidad del sistema operativo del computador donde será instalado el programa, según las especificaciones se prefirió la versión IDE 2.0. RC

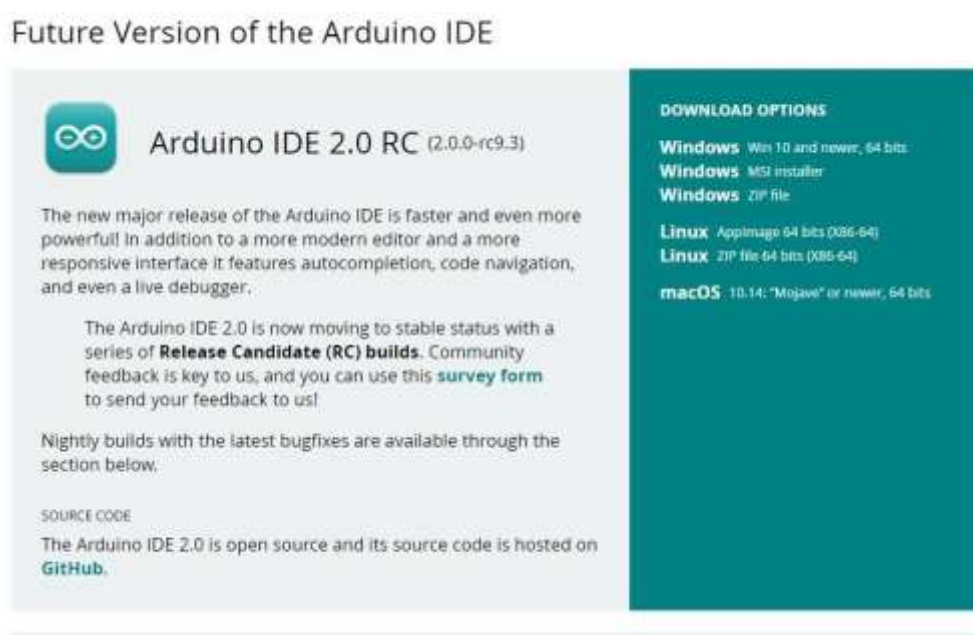


Figura 53. Instalación IDE Arduino. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

3. Presionar para comenzar con la descarga.
4. Una vez descargado el archivo le damos doble clic para iniciar la instalación

Anexo 3

Nodo Sensor en baquelita perforada

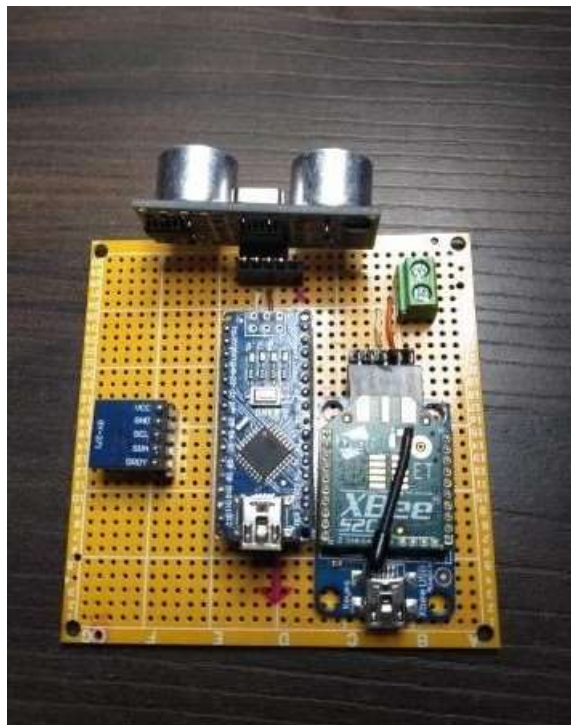


Figura 54. Nodo Sensor elaborado en baquelita. Información tomada de la investigación web.
Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce

Anexos 4

Booteo de imagen Raspbian

1. Entrar al sitio oficial de Raspberry Pi <https://www.raspberrypi.com/software/>
2. Seleccionar el S.O. según la versión, compatibilidad del Raspberry y presionamos endescargar

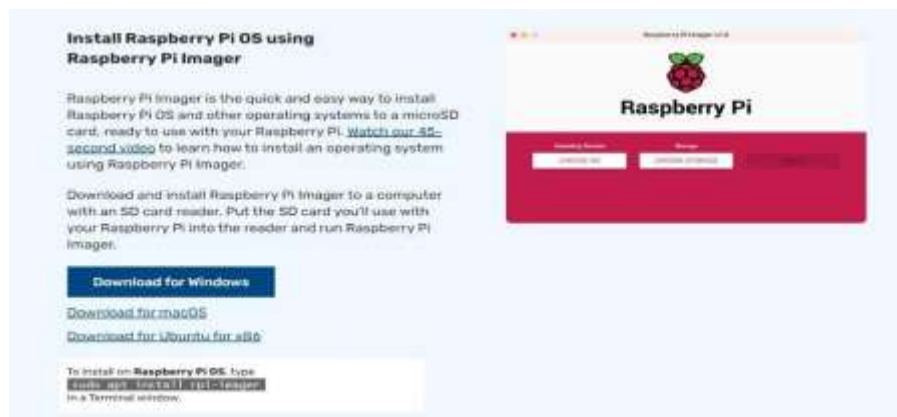


Figura 55. Instalación Raspberry Pi. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

3. Entra al sitio oficial de Rufus <https://rufus.ie/en/>
4. Seleccionar la última versión y el sistema operativo del Pc



Figura 56. Programa Rufus. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

5. Ejecutamos el archivo dándole doble clic en instalar.
6. Abrir el programa Rufus y cargamos el Sistema operativo antes descargado de Raspberry.
7. Seleccionar el adaptador de SD y empezar.



Figura 57. Booteo S.O. en Rufus. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Anexo 5

Código de nodo Sensor

```

/*
  Union de los 2 sensores
*/

#include <Wire.h> // incluye libreria bus I2C
#include <MechaQMC5883.h> // incluye libreria para magnetometro QMC5883L
MechaQMC5883 qmc; // crea objeto

//// Proximidad///

int TRIG = 5 ;
int ECO = 6;
char idSeccion = 'A';
char idArduino = '1';
int DURACION;
int DISTANCIA;
//fin proximidad//

void setup() {
  Wire.begin(); // inicializa bus I2C
  Serial.begin(9600); // inicializa monitor serie a 9600 bps
  qmc.init(); // inicializa objeto

  //proximidad//
  pinMode (TRIG, OUTPUT);
  pinMode (ECO, INPUT);
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  //fin proximidad//

```

Figura 58. Código del nodo sensor. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

```

void loop() {

  //proximidad//

  digitalWrite(TRIG, HIGH);
  delay (1);
  digitalWrite (TRIG, LOW);
  DURACION = pulseIn(ECO, HIGH);
  DISTANCIA = DURACION / 58.2;
  //Serial.println(DISTANCIA);
  //Serial.write(DISTANCIA);

  // fin proximidad//

  int x,y,z;      // variables de los 3 ejes
  float acimut,geografico; // variables para acimut magnetico y geografico
  float declinacion = -2.58; // declinacion desde pagina: http://www.magnetic-declination.com/
  boolean parqueado;
  boolean cercano;
  qmc.read(&x,&y,&z,&acimut); // lectura de los ejes y acimut magnetico

  geografico = acimut + declinacion; // acimut geografico como suma del magnetico y declinacion
  if(geografico < 0) // si es un valor negativo
    geografico = geografico + 360; // suma 360 y vuelve a asignar a variable

  //Serial.print("Acimut geografico: "); // muestra texto Acimut geografico:
  if(geografico != 74){Serial.print(cercano=true);}
  else{Serial.print(cercano=false);}
  Serial.print(" ACIMUT: ");
  Serial.print(geografico,0); // muestra valor de acimut geografico sin decimales
  Serial.print(" ");
  //Serial.println(" grados"); // muestra texto grados
}

```

Figura 59. Código del nodo sensor. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.


```

geografico = acimut + declinacion; // acimut geografico como suma del magnetico y declinacion
if(geografico < 0) // si es un valor negativo
geografico = geografico + 360; // suma 360 y vuelve a asignar a variable

//Serial.print("Acimut geografico: "); // muestra texto Acimut geografico:
if(geografico != 74){Serial.print(cercano=true);}
else{Serial.print(cercano=false);}
Serial.print(" ACIMUT: ");
Serial.print(geografico,0); // muestra valor de acimut geografico sin decimales
Serial.print(" ");
//Serial.println(" grados"); // muestra texto grados

//proximidad//
if(DISTANCIA<=100){Serial.print(parqueado=true);}
else {Serial.print(parqueado = false);}
Serial.print(" Proximidad: ");
Serial.print(DISTANCIA);
Serial.print(" ");
//Serial.println(" cm\n");
Serial.print(idSeccion);
Serial.print(idArduino);
delay(5000); // demora de 500 mseg.
}

```

Figura 60. Código Arduino del nodo sensor. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Anexos 6

Código del Coordinador en Python

```

import serial
import MySQLdb
from digi.xbee.devices import XBeeDevice
from datetime import datetime

#des
#ser
#ser
DB_H
DB_U
DB_P
DB_H

if (bandera1 and bandera2 == 1):
    if (udato[0][2] == "Desocupado"):
        val = (line[6],datoDB,date)
        query = "INSERT INTO prueba2 (IdEstacionamiento,trama,date) VALUES (%s,%s,%s)"
        result = cursor.execute(query,val)
        print(result)
        conn.commit()
        datoDB = ""
    if bandera1 == 0:
        if (udato[0][2] == "Parqueado"):
            datoDB = datoDB+"Desocupado"
            val = (line[6],datoDB,date)
            query = "INSERT INTO prueba2 (IdEstacionamiento,trama,date) VALUES (%s,%s,%s)"
            result = cursor.execute(query,val)
            print(result)
            print(datoDB)
            conn.commit()
        elif bandera2 == 0:
            if (udato[0][2] == "Parqueado"):
                datoDB =datoDB+"Desocupado"
                val = (line[6],datoDB,date)
                query = "INSERT INTO prueba2 (IdEstacionamiento,trama,date) VALUES (%s,%s,%s)"
                result = cursor.execute(query,val)
                print(result)
                print(datoDB)
                conn.commit()

while

except KeyboardInterrupt as e:
    cursor.close() # Cerrar el cursor
    conn.close() # Cerrar la conexión
    break
finally:
    if xbee is not None and xbee.is_open():
        xbee.close()

```

Figura 61. Código del coordinador en Python. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

```

if(int(line[5])<= 50):
    bandera2 = 1

if(bandera1 and bandera2 ==1):
    datoDB = datoDB+"Parqueado"
print(line)
current_Date = datetime.now()
date = current_Date.strftime('%Y-%m-%d %H:%M:%S')
udato = ultimo_dato(line[6])
print(udato)
print(bandera1)
print(bandera2)
if len(udato)>0:
    print(udato[0][2])
if(datoDB == "Parqueado" and len(udato)==0):
    val = (line[6],datoDB,date)
    query = "INSERT INTO prueba2 (idEstacionamiento,trama,date) VALUES (%s,%s,%s)"
    result = cursor.execute(query,val)
    print(result)
    conn.commit()
    datoDB = ""

elif(len(udato)>0):
    if (bandera1 and bandera2 == 1):
        if(udato[0][2] == "Desocupado"):
            val = (line[6],datoDB,date)
            query = "INSERT INTO prueba2 (idEstacionamiento,trama,date) VALUES (%s,%s,%s)"
            result = cursor.execute(query,val)
            print(result)
            conn.commit()
            datoDB = ""
    if bandera1 == 0:
        if(udato[0][2] == "Parqueado"):

```

Figura 62. Código del coordinador en Python. Información tomada de la investigación web.Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Anexo 7

Código HTML

```

Parqueadero.html
C:\Users\Feda\Desktop\CODIGO_FUNCIONAL_ARDUINO\HTML> Parqueadero.html
1 <!DOCTYPE html>
2 <html>
3 <head>
4 <title>Parqueadero</title>
5 <meta charset="utf-8">
6 <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
7 <meta name="description" content="">
8 <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
9 <link rel="stylesheet" type="text/css" href="/stylesheets/css/normalize.css">
10 <link rel="stylesheet" href="/stylesheets/css/parqueadero.css">
11 <script src="/javascripts/js/lib/jquery-2.1.4.js"></script>
12 <script src="/javascripts/js/tab.js"></script>
13 </head>
14 <body>
15 <div id="contenedor">
16 <nav id="tab_pisos">
17 <div class="icon-flecha-izq"></div>
18 <div class="tab">
19 <ul>
20 <li>ESTACIONAMIENTO</li>
21 <li>%- valores %</li>
22 </ul>
23 </div>
24 <div class="icon-flecha-der"></div>
25 </nav>
26 <div id="contenedor_pisos">
27 <div class="piso">
28 <article class="casilla ocupado">
29 <div class="izq"></div>
30 <div class="med">
31 <label for="">Ocupado</label>
32 </div>
33 <div class="der"></div>
34 </article>
35 <article class="casilla reservado">
36 <div class="izq"></div>
37 <div class="med">Reservado</div>

```

Figura 63. Código HTML del sitio web. Información tomada de la investigación web. Elaborado por Felix Danilo Iñiguez Ponce.

Bibliografía

- Alvarez, A., & Amaro, M. (2017). Desarrollo de una red de sensores inalámbricos para la detección de automóviles en estacionamientos privados utilizando sensores Xbee DigiMesh. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <http://hdl.handle.net/10757/621900>
- Amaya, E. (2018). Redes de computadoras. Introducción a las redes, necesidad de una red, tipo y equipos de redes, topología de una red, diseño de redes, instalación y administración de redes LAN. 1(1), 1–75. https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7025/Jared_Christopher_McArthur.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Banchon, E., & Moncayo, V. (2016). Diseño Del Despliegue De Redes De Sensores Para Parqueo Inteligente En La Zona Céntrica De Guayaquil. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/e98e1b07-7b7a-4dc4-8104-a2317d7f9fe4/D-103467.pdf>
- Barro, S. (2017, July 12). Misión de la Universidad - Universidad, sí. Universidad. <https://www.universidadsi.es/mision-la-universidad/>
- Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, Wkh, R. Q., ... ح. فاطمی (2015). Estudio de las alternativas de solución para la automatización mediante las Redes de Comunicaciones de la Gestión de Parqueaderos de una Institución de Educación Superior – Caso de Estudio Pontificia Universidad Católica del Ecuador. *Syria Studies*, 7(1), 37–72. https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dc61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625
- Benson, J. P., O'Donovan, T., O'Sullivan, P., Roedig, U., Sreenan, C., Barton, J., Murphy, A., & O'Flynn, B. (2006). Car-park management using wireless sensor networks. *Proceedings - Conference on Local Computer Networks, LCN*, 588–595. <https://doi.org/10.1109/LCN.2006.322020>
- Carrasco, J., & Cayambe, B. (2017). Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Sistema Wetland Subsuperficial Horizontal para la Parroquia San Gerardo del Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo [Universidad de Chimborazo]. In *Diseño del Sistema del Alcantarillado Sanitario, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Sistema Wetland Subsuperficial Horizontal para la Parroquia San Gerardo del Cantón Guano de la Provincia de Chimborazo*. <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/7646/1/06678.pdf>
- Dávila, M., Pérez, J., Mantilla, W., & Moreno, J. (2016). Diseño de una Red Inalámbrica con Tecnología Zigbee para la Implementación de un Sistema Domótico. *Revista De Ciencia E Ingeniería Del Instituto Tecnológico Superior De Coatzacoalcos*, 3(March), 415–420. https://www.researchgate.net/publication/311207799_Diseno_de_una_red_inalambrica_tipo_ZigBee_para_la_implementacion_de_un_sistema_domotico
- Ding, G., Sahinoglu, Z., Bhargava, B., & Jinyun, P. (2005). Reliable broadcast in ZigBee networks. 2005 Second Annual IEEE Communications Society Conference on Sensor and AdHoc Communications and

- Networks, SECON 2005, 2005(June), 510–520. <https://doi.org/10.1109/SAHCN.2005.1557103>
- Epmmp. (2013). Tabla De Contenido. Redes de Ingeniería, 4, 3. <https://doi.org/10.14483/2248762x.6360>
- Faludi, R. (2011). Wireless Sensor Networks. In B. Jepsen (Ed.), O'Reilly Media (Vol. 1999, Issue December). Zaremba, Adam.
- Girod, A. (2012). Desarrollo e implementación de una red de sensores Zigbee mediante el dispositivo Xbee de Digi [Universitat Rovira i Virgili]. In Neurologic Clinics (Vol. 8, Issue 2). https://eprints.ucm.es/59217/1/ALDA_MARTIN_MUNOZ_TFM_final_ALDA_MARTIN_4286349_13984931.pdf%0Ahttp://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1957pub.pdf%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/279535324%0Ahttp://eprints.ucm.es/11312/1/Memoria_Fin_de_Mas
- Hernandez, L. (2020, March 10). Las ciudades del mundo con más tráfico vehicular durante 2019. <https://noticias.autocosmos.com.mx/2020/03/10/las-ciudades-del-mundo-con-mas-trafico-vehicular-durante-2019>
- Loyola, M., & Becerra, P. (2015). Manual para la aplicación de la Tecnología Zigbee para edificios Inteligentes. 5–7. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>
- Machado, J. (2022, April 11). Municipio ensaya dos estrategias para que el tránsito en Quito fluya. Primicias. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/municipio-quito-transito-fluya-estrategias/>
- Márquez, M., Lara, R., & Gordillo, R. (2014). Prototipo de Parqueadero Inteligente Mediante Red de Sensores Inalámbricos. IX Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE, 9(1), 174–181. <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/cienciaytecnologia/article/view/100/98>
- Martinez, A. (2017). DISEÑO DE CAPA DE COMUNICACIONES PARA PLATAFORMA MODULAR DE REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS BASADA EN EL CHIP CC2520 [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID]. https://oa.upm.es/45270/1/TFG_ALICIA_MARTINEZ_GARCIA.pdf
- Medios transmisión. (n.d.). Medios transmisión. S.F. Retrieved September 4, 2022, from <https://neo.lcc.uma.es/evirtual/cdd/tutorial/fisico/Mtransm.html>
- Ministerio de Educacion. (2018, July 22). Misión y Visión Institucional | Ugel01. Portafolio. <https://www.ugel01.gob.pe/mision-y-vision-institucional/>
- Moreno, J. M., & Ruiz Fernandez, D. (2007). Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4). 36.
- Neri, R. (2013). Líneas de transmisión / Rodolfo Neri Vela ; nueva edición complementada con presentaciones electrónicas y laboratorios virtuales interactivos realizados por Luis H. Porragas Beltrán. In ~~XXXXXXXXXX~~ (Primera ed, Vol. 1999, Issue December). Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, 2013. <https://libros.uv.mx/index.php/UV/catalog/download/FC173/124/384-1?inline=1>
- Peng, R. D., Matsui, E., Roger D. Peng & Elizabeth Matsui, Peng, R. D., & Matsui, E. (2015). The Art of Data Science: A Guide for Anyone Who Works with Data. Journal of Chemical Information and Modeling, 53, 159. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Rivera, P. (2018). DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE

- LA DISPONIBILIDAD DE ESPACIOS EN UN ESTACIONAMIENTO VEHICULAR DE UNA UNIVERSIDAD [UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU]. In Pontificia Universidad Católica Del Perú (Vol. 1).
http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6097/ACOSTA_CARLOS_DISEÑO_MAQUINA_REBANADORA.pdf?sequence=1
- Sanchez, J. (2022, March 8). Se inició programa para la transferencia de conocimientos de Corea al Municipio de Guayaquil – Alcaldía Guayaquil. Alcaldía Guayaquil. <https://www.guayaquil.gob.ec/se-inicio-programa-para-la-transferencia-de-conocimientos-de-corea-al-municipio-de-guayaquil/>
- Standard, D., Personal, W., & Networks, A. (2001). 75.4: a. Ieee Network, 12–19.
- Teleamazonas. (2022, March 23). Caos vehicular es cada vez más evidente en calles de Guayaquil. Teleamazonas. <https://www.teleamazonas.com/caos-vehicular-se-toma-las-calles-de-guayaquil/>
- Una visión general del campo magnético de la Tierra. (n.d.). Retrieved August 11, 2022, from <http://www.geomag.bgs.ac.uk/education/earthmag.html>
- Valencia, C. (2018). Hacking ético al iot mediante sdr [Universidad Tecnica de Ambato]. https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28812/1/Tesis_t1489ec.pdf
- Veato, V. (2015, May 27). 8. Ethernet - Redes locales y globales. <https://sites.google.com/site/redeslocalesyglobales/2-aspectos-fisicos/8-ethernet>