



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA Y COMUNICACIONES**

**Tema:**

---

**PROTOTIPO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE LOS**  
**CONTENEDORES DE BASURA DEL MERCADO SUR EN EL CANTON**  
**AMBATO**

---

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

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Comunicaciones Inalámbricas

AUTOR: Alejandra Geovanna Ruiz Morales.

TUTOR: Ing. M.Sc. Marco Antonio Jurado Lozada.

Ambato - Ecuador

(Enero - 2017)

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “**Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato**”, de la señorita Alejandra Geovanna Ruiz Morales, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato Enero, 2017

EL TUTOR

-----  
Ing. M.Sc. Marco Antonio Jurado Lozada.

## AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: “**Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato**”, es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato Enero, 2017

-----  
Alejandra Geovanna Ruiz Morales

CC: 1805087630

## **DERECHOS DE AUTOR**

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

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

Ambato Enero, 2017

-----  
Alejandra Geovanna Ruiz Morales

CC: 1805087630

## APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes xxxxxxxxxxxxxx, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado “**Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato**” presentado por la señorita Alejandra Geovanna Ruiz Morales de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. José Vicente Morales Lozada

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Alberto Serra Jiménez

DOCENTE CALIFICADOR

Ing. Tatiana Paola Zambrano Valverde

DOCENTE CALIFICADOR

## DEDICATORIA:

A mi abuelita **Magdalena**, porque tú me enseñaste con hechos que madre no es la que da la vida si no la que cría, por brindarme todo ese amor y apoyo incondicional te estaré eternamente agradecida, te amo mami.

A mi abuelito **Julio**, por ser ese padre que tanto necesite y aunque te fuiste muy temprano de mi vida, gracias por ser ese ángel que me acompañó y desde el cielo me guía, te amo papi Julito.

A mi tía **Cristina**, por su apoyo, por su cariño incondicional, gracias por ser mi hermana de corazón, gracias por tomar mi mano y estar ahí cuando lo necesite, espero algún día poder pagar todo lo que has hecho por mí.

A mi tío **Eduardo**, por sus consejos, por cada palabra de aliento que con mucho cariño me brindas, porque con tu ejemplo aprendo cada día, Dios le pague.

A mis niños **Renato** y **Carol**, las hermosas lucecitas que alumbran mi vida, la muestra real de que la inocencia vive y el amor puro existe, los amo, no saben cuánto.

A **Andrea**, mi alma gemela, mi otra mitad, mi corazón mismo, gracias por ser mi soporte, por estar ahí para escucharme y enseñarme que nada es lo suficientemente difícil como para derrumbarte, gracias por enseñarme a levantarme.

A **Henry**, por ser mi ancla a tierra, por estar ahí cuando nadie más estuvo, gracias por cada sacrificio que hiciste por mí, estoy tan agradecida con la vida por haber cruzado nuestros caminos, te amo.

A mis tíos **Juan Carlos** y **Lilian**, gracias por estar prestos a brindarme su ayuda cuando lo necesite, gracias por ser parte de este logro.

A mis hermanos **Brett**, **José Luis** y **María José**, por sus palabras de aliento, porque aunque lejos cada día, cada noche de estudio estuvieron ahí en mi corazón, dándome todo su cariño, ese amor incondicional de hermanos.

A **Pinina**, mi compañera, que como nadie noche a noche me acompañó sin importar frío, sueño, incomodidades, su amor sincero no le permitió abandonarme, te amo.

A mis amigas **Katherin**, **Susana** y **Lucia**, gracias por tanto, gracias por todo, porque con ustedes este camino ha sido maravilloso y nos queda tanto por recorrer.

**Alejandra Geovanna Ruiz Morales**

## **AGRADECIMIENTO:**

A **Dios**, por ayudarme en mis días más difíciles, darme el consuelo y alivio a mi alma en momentos que tanto lo necesite.

Al Ing. **Marco Jurado**, porque a más de ser mí guía de estudio y brindarme todos sus conocimientos para este proyecto de investigación, me enseñó grandes lecciones de vida, le tengo un inmenso afecto. Muchas gracias.

A la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Ambato GIDSA, por su colaboración y apoyo brindado en cada etapa de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, por brindarme cada uno de los conocimientos para alcanzar cada una de mis metas propuestas.

**Alejandra Geovanna Ruiz Morales**

# ÍNDICE

## CONTENIDO

<b>PORTADA.....</b>	<b>I</b>
<b>APROBACION DEL TUTOR.....</b>	<b>II</b>
<b>AUTORIA.....</b>	<b>III</b>
<b>APROBACION DEL TRIBUNAL DE GRADO.....</b>	<b>IV</b>
<b>DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>VIII</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>XVII</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.....</b>	<b>1</b>
1.1. Tema.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Delimitación del problema.....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Objetivos de la investigación.....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
<b>CAPITULO 2.....</b>	<b>6</b>
<b>MARCO TEORICO.....</b>	<b>6</b>

2.1. Antecedentes investigativos.....	6
2.2. Fundamentación teórica .....	8
2.2.1. Recolección de la basura.....	8
2.2.2. Contenedores .....	8
2.2.3. Sistemas de control .....	9
2.2.4. Sistemas de monitoreo .....	11
2.2.5. Sensores .....	12
2.2.5.1. Clasificación de los sensores .....	13
2.2.6. Estándares de comunicaciones inalámbricas.....	15
2.2.7. Topologías de red .....	19
2.2.8. Zona de Fresnel.....	23
2.2.9. Interfaz Hombre-Maquina .....	24
2.2.10. Software .....	26
2.2.11. Hardware libre .....	32
2.3. Propuesta de solución .....	33
<b>CAPITULO 3 .....</b>	<b>34</b>
<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>34</b>
3.1. Modalidad de investigación.....	34
3.2. Población y muestra .....	34
3.3. Recolección de información .....	35
3.4. Procesamiento y análisis de datos.....	35
3.5. Desarrollo del proyecto .....	36
<b>CAPITULO 4 .....</b>	<b>37</b>
<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>37</b>
4.1. Análisis de factibilidad.....	37
4.1.1. Factibilidad institucional .....	38

4.1.2. Factibilidad técnica .....	38
4.1.3. Factibilidad bibliográfica .....	38
4.1.4. Factibilidad económica .....	38
4.2. Información del actual sistema de recolección de basura .....	38
4.2.1. Contenedores metálicos CMR-2400/300 .....	39
4.2.2. Medidas principales de los contenedores .....	40
4.2.3. Rutas de recolección de basura.....	41
4.3. Funciones principales del proyecto de investigación.....	43
4.4. Tipos de variables para control y monitoreo.....	43
4.5. Selección y evaluación de los comp. de hardware y software .....	44
4.5.1. Selección de sensores .....	44
4.5.1.1. Selección del sensor de nivel.....	46
4.5.1.2. Selección del sensor de peso .....	50
4.6. Ubicación de los sensores .....	57
4.6.1. Ubicación del sensor de nivel .....	57
4.6.2. Ubicación del sensor de peso .....	58
4.7. Selección de las tecnologías inalámbricas.....	59
4.7.1. Selección de los módulos inalámbricos.....	60
4.7.2. Aspectos básicos del módulo XBee .....	63
4.7.3. Configuración del módulo XBee.....	64
4.8. Selección de la topología de red ZigBee.....	70
4.8.1. Enrutamiento de redes Mesh .....	72
4.9. Ruta para la comunicación inalámbrica Mercado Sur-GIDSA .....	72
4.9.1. Línea de vista de los nodos para la com. inalámbrica .....	75
4.9.2. Cálculos de la primera zona de Fresnel .....	77
4.10. Estación remota para el control y monitoreo .....	88

4.11. Análisis de costos .....	90
4.12. Conclusiones técnicas .....	95
<b>CAPITULO 5 .....</b>	<b>96</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>96</b>
5.1. Conclusiones .....	96
5.2. Recomendaciones .....	97
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXOS Y APENDICES .....</b>	<b>106</b>

## INDICE DE FIGURAS

### CAPITULO 1

<b>Fig. 2.1:</b> Contenedor de basura .....	9
<b>Fig. 2.2:</b> Sistema de control.....	10
<b>Fig. 2.3:</b> Sistema de Control de lazo abierto.....	10
<b>Fig. 2.4:</b> Sistema de Control de lazo cerrado.....	11
<b>Fig. 2.5:</b> Termocupla .....	13
<b>Fig. 2.6:</b> Sensor analógico temperatura.....	14
<b>Fig. 2.7:</b> Sensor mecánico .....	15
<b>Fig. 2.8:</b> Celda de carga WLC-SB .....	15
<b>Fig. 2.9:</b> XBee S2 .....	18
<b>Fig. 2.10:</b> Ejemplo de comando AT .....	19
<b>Fig. 2.11:</b> Topología estrella .....	20
<b>Fig. 2.12:</b> Topología árbol .....	20
<b>Fig. 2.13:</b> Topología Mesh .....	21
<b>Fig. 2.14:</b> Primera Zona de Fresnel .....	23
<b>Fig. 2.15:</b> Interfaz Hombre-Máquina .....	26
<b>Fig. 2.16:</b> Panel de LabVIEW .....	27
<b>Fig. 2.17:</b> Diagrama de Bloques .....	28
<b>Fig. 2.18:</b> Paleta de herramientas .....	28
<b>Fig. 2.19:</b> Paleta de controles .....	29
<b>Fig. 2.20:</b> Paleta de funciones .....	29
<b>Fig. 2.21:</b> Ventana PC Settings .....	30
<b>Fig. 2.22:</b> Ventana Terminal .....	31
<b>Fig. 2.23:</b> Ventana Modem Configuration .....	31
<b>Fig. 2.24:</b> Logo de Radio Mobile para Windows. ....	32
<b>Fig. 2.25:</b> Arduino, Hardware libre .....	32

### CAPITULO 4

<b>Fig. 4.1:</b> Prototipo de ECOTACHO .....	39
<b>Fig. 4.2:</b> Medidas de los contenedores de 2400 lts del Mercado Sur .....	41
<b>Fig. 4.3:</b> Señal de ida y vuelta con el sensor HC-SR04 .....	48
<b>Fig. 4.4:</b> Programación para medir distancia a nivel industrial.....	49

<b>Fig. 4.5:</b> Conexión del sensor de distancia HC-SR04 y Arduino .....	49
<b>Fig. 4.6:</b> Modulo HX711 .....	53
<b>Fig. 4.7:</b> Conexión entre la celda de carga, HX711 y Arduino Mega.....	54
<b>Fig. 4.8:</b> Sketch de calibración .....	55
<b>Fig. 4.9:</b> Monitor Serie de Arduino .....	55
<b>Fig. 4.10:</b> Valor real del objeto sensado .....	56
<b>Fig. 4.11:</b> Ubicación del sensor de nivel .....	57
<b>Fig. 4.12:</b> Conexión Arduino.....	62
<b>Fig. 4.13:</b> Pines del módulo XBee .....	63
<b>Fig. 4.14:</b> Configuración del Coordinador .....	64
<b>Fig. 4.15:</b> Configuración del Router retransmisor .....	65
<b>Fig. 4.16:</b> Configuración del Router retransmisor .....	65
<b>Fig. 4.17:</b> Configuración del Router retransmisor .....	66
<b>Fig. 4.18:</b> Configuración del Router .....	67
<b>Fig. 4.19:</b> Trama para la recepción de datos .....	68
<b>Fig. 4.20:</b> Trama de recepción de datos en Arduino .....	69
<b>Fig. 4.21:</b> Topología Mesh.....	70
<b>Fig. 4.22:</b> Ubicación de los router, Google Earth .....	72
<b>Fig. 4.23:</b> Ubicación de los router, Radio Mobile .....	73
<b>Fig. 4.24:</b> Línea de vista desde tres nodos principales .....	74
<b>Fig. 4.25:</b> Línea de vista del nodo de CELEC desde la C. del Monte .....	75
<b>Fig. 4.26:</b> Línea de vista del nodo de CELEC desde el jardín Botánico.....	76
<b>Fig. 4.27:</b> Ubic. de las antenas Mercado Sur-Monumento a la P. Im .....	77
<b>Fig. 4.28:</b> Ubicación de las antenas Mercado Sur-Jardín Botánico.....	78
<b>Fig. 4.29:</b> Antenas del Monumento a la P. Imprenta-Jardín Botánico .....	79
<b>Fig. 4.30:</b> Antenas del M. Primera Imprenta-Casona del Monte .....	80
<b>Fig. 4.31:</b> Antenas de la Primera Imprenta-Subestación CELEC EP .....	81
<b>Fig. 4.32:</b> Antenas del Jardín Botánico la Lira-Casona del Monte .....	82
<b>Fig. 4.33:</b> Antenas del Jardín Botánico-Subestación Ambato CELEC .....	83
<b>Fig. 4.34:</b> Ubicación de las antenas de la Casona del Monte-GIDSA .....	84
<b>Fig. 4.35:</b> Altura para la ubicación de las antenas de la Sub. CELEC .....	85
<b>Fig. 4.36:</b> Línea de vista entre Mercado Sur y el nodo más cercado .....	86

<b>Fig. 4.37:</b> Simulación de la caída del nodo de la Primera Imprenta .....	86
<b>Fig. 4.38:</b> Panel frontal. ....	87
<b>Fig. 4.39:</b> Control de datos. ....	88
<b>Fig. 4.40:</b> Recepción de la trama.....	89
<b>Fig. 4.41:</b> Información de los sensores.....	89

**ANEXO B**

<b>Fig. 1:</b> VI encargado de recibir la trama y transformarla a hexadecimal ..	109
<b>Fig. 2:</b> Control para la correcta ubicación de los datos de la trama .....	110
<b>Fig. 3:</b> Panel de Acceso .....	111
<b>Fig. 4:</b> Menú ubicado en el panel de acceso .....	112
<b>Fig. 5:</b> Control de Usuario y Contraseña .....	112
<b>Fig. 6:</b> Progr. Control y Monitoreo de los sensores de peso y nivel .....	113

**ANEXO C**

<b>Fig. 1:</b> Ubicacion del sensor ultrasonico en el ecotacho vista frontal .....	114
<b>Fig. 2:</b> Ubicacion del sensor ultrasonic en el ecotacho vista superior .....	115
<b>Fig. 3:</b> Ubicacion del sensor ultrasonico en el ecotacho vista inferior .....	115

**ANEXO D**

<b>Fig. 1:</b> Ubicacion del sensor de peso en el ecotacho vista frontal.....	116
<b>Fig. 2:</b> Ubicacion del sensor de peso en el ecotacho vista lateral.....	117
<b>Fig. 3:</b> Ubicacion del sensor de peso en el ecotacho vista frontal.....	117

## INDICE DE TABLAS

### CAPITULO 2

<b>Tabla 2.1:</b> Características del Estándar 802.15.4. ....	16
---	----

### CAPITULO 4

<b>Tabla 4.1:</b> Características de los contenedores 2400 lts Mercado Sur .....	40
<b>Tabla 4.2:</b> Medidas de los contenedores de 2400 lts del Mercado Sur .....	40
<b>Tabla 4.3:</b> Rutas de recolección .....	42
<b>Tabla 4.4:</b> Recolección de carga lateral del cantón Ambato .....	43
<b>Tabla 4.5:</b> Sensores variables físicas medibles y su funcionamiento .....	45
<b>Tabla 4.6:</b> Sensores de nivel y proximidad .....	46
<b>Tabla 4.7:</b> Selección del sensor ultrasónico .....	47
<b>Tabla 4.8:</b> Sensores de peso a nivel industrial .....	50
<b>Tabla 4.9:</b> Selección del sensor de peso a nivel industrial.....	51
<b>Tabla 4.10:</b> Sensor de peso para el prototipo de control y monitoreo .....	52
<b>Tabla 4.11:</b> Conexión entre la celda de carga y módulo HX711 .....	53
<b>Tabla 4.12:</b> Conexión entre el módulo HX711 y Arduino .....	53
<b>Tabla 4.13:</b> Tecnologías Inalámbricas.....	59
<b>Tabla 4.14:</b> Características de los módulos XBee .....	60
<b>Tabla 4.15:</b> Configuración del nodo coordinador .....	63
<b>Tabla 4.16:</b> Configuración del nodo router para retransmisión .....	64
<b>Tabla 4.17:</b> Configuración del nodo router .....	66
<b>Tabla 4.18:</b> Cuadro comparativo de las topologías de red.....	70
<b>Tabla 4.19:</b> Dirección exacta de la ubicación de cada nodo .....	72
<b>Tabla 4.20:</b> Distancia entre cada router.....	73
<b>Tabla 4.21:</b> Costos para el desarrollo del P de Control y Monitoreo .....	90
<b>Tabla 4.22:</b> Costos para el desarrollo del Sistema a nivel Industrial.....	91
<b>Tabla 4.23:</b> Costos generales del vehículo de carga lateral #29 .....	92
<b>Tabla 4.24:</b> Costos generales del vehículo de carga lateral #29 .....	93
<b>Tabla 4.25:</b> Salario que percibe el conductor del vehículo # 29.....	93
<b>Tabla 4.26:</b> Reducción de costos por la implementación del Sistema .....	94

## RESUMEN EJECUTIVO

En la presente investigación se indica el desarrollo de un Prototipo de Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato, el cual tiene como objetivo principal mejorar la recolección de los desechos sólidos.

El diseño y funcionamiento de la estación remota realiza la función de recibir la información proveniente de los sensores, está desarrollada en LabView y permite conocer el estado actual y real tanto en nivel como en peso de los desechos que se encuentran dentro del ecotacho, mediante una red inalámbrica tipo mesh, además permite mantener un historial del llenado del contenedor.

La metodología del diseño está enfocada en establecer rutas más eficientes, para que los vehículos de carga lateral encargados de la recolección de los desechos sólidos sean enviados solo cuando el contenedor haya superado el 80% de su capacidad ya sea en peso o en nivel y previo el análisis del operador, evitando de esta manera basura a la intemperie que genera diversos problemas y malestares a la sociedad en general.

## **ABSTRACT**

In this research detailed the development of a prototype Control and Monitoring dumpsters of the Mercado Sur in Canton Ambato, which main objective is to improve of the collection of the solid waste.

The design and operation of the remote station performs the function of receiving the information from the sensors, it is developed in LabView and provides insight into the current and actual state both in level and weight of solid wastes the ecotacho, through a mesh type wireless network also keeps a history of filling the container.

The design methodology is focused on establishing more efficient routes, for vehicles sideload responsible for the collection of solid waste are sent only when the container has exceeded 80% of their capacity either by weight or by level and subject analysis of the operator, thus avoiding waste weathering generated various problems and discomforts to society in general.

## INTRODUCCIÓN

El Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato, permite la optimización de los recursos tanto económicos como humanos al momento de realizar la recolección de los desechos sólidos, de tal forma que se conozca de manera inmediata mediante una estación remota y vía inalámbrica el estado de los contenedores de basura, evitando de esta manera que los desechos se encuentren a la intemperie; además permite que el personal de EPM-GIDSA tenga un conocimiento oportuno del estado de los ecotachos tanto en nivel como en peso y con el análisis del operario se envíen los vehículos de carga lateral solo cuando sea necesaria la recolección, evitando así el malestar en los moradores por el desbordamiento de la basura. A continuación se hace una descripción de los capítulos de este proyecto de investigación:

**Primer Capítulo:** Se detalla el problema que posee el actual sistema de recolección de basura en el cantón Ambato, además de la justificación junto con los objetivos propuestos para este proyecto de investigación.

**Segundo Capítulo:** Consta de los antecedentes sobre investigaciones de Sistemas de control y monitoreo, al igual que investigaciones sobre comunicaciones inalámbricas y redes tipo mesh. Además se desarrolla el marco teórico basado en el tema de investigación.

**Tercer Capítulo:** Especifica las diferentes técnicas de investigación a las que se debió recurrir, la forma de obtención y análisis de la información, además de las pautas para el desarrollo del proyecto.

**Cuarto Capítulo:** Se indica de una manera minuciosa el desarrollo del Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura.

**Quinto Capítulo:** Se muestran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante el desarrollo y construcción del Prototipo para el Control y Monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato.



## **CAPITULO I**

### **EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. TEMA**

Prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato.

#### **1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La recolección de basura a nivel mundial es una de las principales preocupaciones de las entidades administrativas de cada localidad; de acuerdo a trabajos técnicos del Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial realizado en el año 2011, la recolección de basura consume un 30% a 60% de las rentas municipales [1], lo que ocasiona que se reduzcan recursos financieros para las demás necesidades urbanas como lo son: la educación, alcantarillado, servicios de emergencia, alumbrado, pavimentación de la vía pública, etc.

El diario el País en el año 2012, en una de sus investigaciones revela que la gran cantidad de basura generada día a día en América Latina y el Caribe supera las 436.000 toneladas de residuos sólidos urbanos [2]; además este problema se agrava por la deficiente planificación de rutas para la recolección del mismo al igual que técnicas de selección para conocer el estado de los contenedores previa su recolección y el envío de los respectivos recolectores. Los malos sistemas de recolección de basura tienen

efectos nocivos en la ciudadanía, debido a la tardanza para recoger la misma, se generan enfermedades, un ejemplo claro de esto son las infecciones nicóticas ocasionada por la acumulación de basura que propicia hongos y bacterias que al estar en contacto con la piel provoca irritaciones e infecciones; pero no solo la población se ve afectada de esta manera, el medio ambiente también ya que se da una contaminación tanto física, química biológica y visual. [3] [4]

En Ecuador los sistemas para la recolección de basura han tenido una evolución poco significativa y de lento avance, dado que en los últimos diez años habido una transición de los camiones de basura cuyo trabajo se realizaba de manera manual con un grupo aproximado de cuatro a cinco trabajadores por unidad, a camiones con un sistema automatizado para el alcance y lavado de los ecotachos, pero que solo ha permitido mejorar el almacenamiento de basura, mas no el control del nivel de basura que puede ingresar en el contenedor; el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en su Módulo de Información Ambiental para hogares, de acuerdo al censo del año 2014, revela que la acumulación de basura a nivel nacional constituye un 25.99% entre los principales problemas ambientales. [5]

En la ciudad de Ambato la recolección de basura de los diferentes contenedores se la realiza cada cierto número de días, siguiendo una zona de recolección establecida, haya o no la necesidad, es decir los contenedores tenga o no basura; esta falta de orden en el sistema ocasiona que en muchas zonas exista una acumulación de basura generando malos olores y enfermedades a las personas tales como enfermedades gastrointestinales, cutáneas, respiratorias, entre otras, esta poca organización tiene consecuencias a gran escala, pues las pérdidas en cuanto a recursos económicos y humanos son cuantiosas y se ven afectadas en otras áreas sociales.

La recolección de basura no se limita solo a este ámbito, la basura es un problema que va aumentando a medida que transcurren los años y la ausencia de un adecuado manejo y control de la misma es una necesidad imperiosa tanto para las zonas urbanas como rurales y para las entidades públicas o privadas encargadas de su manejo ya que se convertiría en un mecanismo para evitar la pérdida de recursos monetarios y personales innecesarios. Además, esto impediría la mala manipulación de la basura,

esta realidad se ve reflejada a las afueras de la ciudad debido a que las personas dejan los desechos sólidos a la intemperie, tanto en laderas como ríos, de acuerdo al diario La Hora de la ciudad de Ambato del día viernes 12 de agosto del 2005, se considera que unas 6 mil hectáreas del cantón Ambato están contaminadas por desechos. [6]

### **1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

- **Área Académica:**

Comunicaciones

- **Líneas de Investigación:**

Tecnologías de Comunicación

- **Sublínea de Investigación:**

Comunicaciones Inalámbricas

- **Delimitación Espacial**

La presente investigación estará orientada a realizarse en el Mercado Sur ubicado en el cantón Ambato.

- **Delimitación Temporal**

La investigación se desarrollará en los seis meses posteriores a la aprobación del proyecto de investigación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

### **1.4. JUSTIFICACIÓN**

Los contenedores de basura tienen como principal función mantener los sectores y la ciudad en general, de una manera limpia y libre de desechos sólidos en las aceras y en los alrededores de los contenedores, evitando que esta quede a la intemperie cuando el recolector de basura no la ha ido a recoger o a la espera que según el horario de recolección sea el tiempo de dicho sector.

La ruta de recolección de basura para cada sector está establecida por días según un estimado de llenado de cada contenedor, un ejemplo de esto es la denominada zona crítica del Mercado Sur, cuya recolección se realiza los días lunes, miércoles y viernes, por la cantidad de basura que se genera en dicho lugar, pero aun así no es suficiente ya que el tiempo en el que se llena dicho contenedor es impredecible; para este y los demás ecotachos que posee la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Ambato EPM-GIDSA, se cuenta con seis vehículos de carga lateral que, según el día y sector, salen a recoger la basura de los ecotachos de cada uno de los sectores de acuerdo a la planificación del EPM-GIDSA.

Debido a que la recolección de basura se lo realiza por medio de una estimación y en base a esto se encuentra la sectorización, no se puede conocer de manera exacta el estado de llenado del contenedor y esto ocasiona que muchas de las veces los vehículos de carga lateral se dirijan hacia una ruta establecida sin ningún fin, provocando pérdidas, tanto de tiempo como económicas para EPM-GIDSA. Este hecho se ve agravado en zonas donde el lapso de llenado de un ecotacho no es constante, como es el caso de sectores aledaños a mercados y lugares de recreación tal es el caso del mercado Mayorista, mercado Modelo, Central, Plaza de Toros, El barrio Bellavista entre otros.

El desarrollo del presente proyecto es de gran importancia debido a la necesidad de EPM-GIDSA poseer un óptimo control y monitoreo de los contenedores de basura del sector del Mercado Sur en el cantón Ambato con el fin de mejorar los recursos financieros, humanos y logísticos de los vehículos de carga lateral de tal manera que posean rutas de recolección y el personal necesarios de acuerdo al nivel de llenado de los contenedores y no como se lo ha venido haciendo en la actualidad.

El impacto social definitivamente será significativo ya que se evitará la presencia de desechos sólidos fuera del contenedor generando una mala imagen a la ciudad, permite reducir costos en cuanto a vehículos de carga lateral que no logran, según su ruta y día recolectar basura ocasionando una pérdida en cuanto al presupuesto que podría ser direccionado hacia otras actividades o áreas que requieren mayor atención y por ende

los moradores del sector se encontraran más satisfechos por el servicio prestado por la entidad.

En cuanto a la factibilidad, la implementación de este sistema es totalmente realizable ya que los diferentes componentes electrónicos que se necesitan para su ejecución pueden ser adquiridos sin dificultad, por otro lado el software con el cual se desea trabajar puede ser desarrollado en base a cada uno de los conocimientos adquiridos durante la carrera y al poder trabajar con hardware libre el costo del dispositivo será muy conveniente para la empresa encargada de los desechos sólidos EPM-GIDSA.

## **1.5. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL**

Implementar un prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura en el sector del Mercado Sur en el cantón Ambato.

### **1.5.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar el actual sistema de gestión de rutas utilizado por Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato.
- Determinar las características del sistema de control y monitoreo de contenedores de basura para la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato.
- Diseñar un prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura en el sector del Mercado Sur en el cantón Ambato.
- Diseñar la interfaz HMI para el control y monitoreo de los contenedores de basura ubicados en el Sector del mercado Sur

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS**

Realizado el proceso de investigación de los diferentes repositorios digitales de las Universidades y Escuelas Politécnicas, se encontraron los siguientes resultados:

El Ingeniero Cesar Augusto Jácome Comina de la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga, en su tesis de grado presenta el diseño y la implementación de una red tipo MESH para el monitoreo de una amplia gama de sectores y cultivos agrícolas y florícolas del cantón Pujili; utiliza el estándar ZigBee, el cual va a permitir gestionar los equipos y dispositivos de manera más eficiente. Para la obtención de los datos cuenta con un dispositivo terminal con sensores para evaluar las variables físicas como la temperatura y humedad del suelo en una zona de cultivo para posteriormente ser enviados al dispositivo coordinador, el cual va a ser el encargado de procesar los datos de entrada y salida además permite el reconocimiento y comunicación con los demás nodos presentes en la red MESH para evitar pérdidas de información. [7]

Resulta interesante destacar el proyecto de grado del Ingeniero Coque Veloz Medardo Israel, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde presenta un sistema cuyo objetivo es una red inalámbrica tipo MESH basada en tecnologías licenciadas para otorgar un servicio de intercomunicación entre computadoras, para esto las computadoras deberán estar equipadas con transmisores y receptores de onda corta para su

comunicación. Además, permite la movilización de las computadoras portátiles sin que estas pierdan su conexión a internet evitando estar relegadas a un solo sitio. [8]

Fabián Blanco Garrido y Diana Milena Ruiz Parra, exhiben un artículo en el Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación, en donde se plantea el desarrollo de una red MESH para la utilización de las redes inalámbricas en la frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz, como solución para las redes comunitarias o rurales en Colombia, las cuales tienen un difícil acceso geográfico y escasos recursos económicos, permitiendo movilidad e información con acceso a los diferentes servicios de manera instantánea reduciendo la brecha tecnológica entre las comunidades y las Tecnologías de Información y las Comunicaciones. [9]

Otro de los proyectos relevantes es el del Ingeniero Luis Enrique Chico Analuisa de la Universidad Técnica de Ambato quien presenta un proyecto de graduación enfocado al diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo inalámbrico para la planta de tratamiento de agua potable del cantón Baños, cuyo objetivo es mantener una supervisión de cada uno de los procesos, es por ello que este sistema consta de tres etapas que son: captación, tratamiento y distribución del agua, cada etapa es controlada por un PLC y monitorizada por una interfaz HMI, la cual es la encargada de detallar el estado del sistema para su posterior análisis. [10]

Y otro proyecto de graduación interesante es el del Ingeniero Gonzalo Daniel Ruiz Mesías de la Universidad Técnica de Ambato, quien desarrollo un Sistema de control y monitoreo para mejorar los procesos de administración de los laboratorios de las Carreras de Sistemas, Electrónica e Industrial en la FISEI-UTA, el cual está encaminado a minimizar y optimizar los tiempos que emplean los ayudantes al momento de abrir y cerrar las puertas de cada uno de los laboratorios de la facultad, mediante un sistema que permita accionar dichas cerraduras, al mismo tiempo que permite observar mediante cámaras IP cada una de las actividades que se están generando en los mismos, para todo esto se empleó una tarjeta ARDUINO como elemento central. [11]

## **2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.2.1. RECOLECCIÓN DE BASURA**

La recolección de basura es la actividad de recoger los desechos sólidos que han sido generados por una determinada población, para posteriormente ser transportados al sitio de almacenamiento o planta de procesamiento de basura. [12]

#### **PARÁMETROS PARA LA RECOLECCIÓN DE BASURA**

Los métodos de recolección de basura se relacionan directamente con los siguientes parámetros.

- Características del lugar
- Características del equipamiento
- Hábitos de la población

#### **MÉTODOS DE RECOLECCIÓN**

Los métodos de recolección van de acuerdo al grado de tecnificación del equipo.

- Mecanizados
- Semi-Mecanizados.
- Manuales.

Por el tipo de operación existen:

- Contenedores
- Esquina o parada fija
- Acera
- Intra-domiciliario o llevar y traer

### **2.2.2. CONTENEDORES**

Los contenedores de basura son recipientes con diferentes dimensiones, donde las personas arrojan desechos de todo tipo. Estos contenedores generalmente están

fabricados a partir del metal o plástico y se encuentran ubicados en espacios públicos y dentro de los hogares. En la figura 2.1 se observa un contenedor de uso público. [13]



**Fig. 2.1:** Contenedor de basura [14]

### **Beneficios**

Los beneficios que ofrecen los contenedores son:

- Higiénicos para el usuario y el medio-ambiente.
- A disposición permanente del usuario.
- Posee amortiguadores neumáticos que permiten un cierre suave de las tapas.
- Su diseño y estampado geométrico impide la filtración del agua lluvia y facilita un rápido deslizamiento de los residuos durante la descarga.
- Permite que la tapa se cierre de manera automática para que los olores y demás bacterias no se propaguen de esta manera se asegura hermeticidad del contenedor.

[15]

### **2.2.3. SISTEMAS DE CONTROL**

Un sistema de control es un conjunto de elementos que trabajan de manera conjunta y ordenada para conseguir un objetivo de control, como se indica en la figura 2.2, el sistema está conformado por una variable de entrada, una variable de salida que va a ser la respuesta final o resultado y la perturbación que es una señal que afecta el valor de la variable de salida.

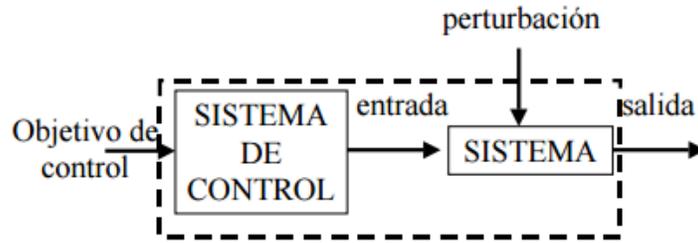


Fig. 2.2: Sistema de control [16]

## CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA DE CONTROL

Los sistemas de control deben tener las siguientes características para cumplir con su objetivo de control: [17]

- Ser estables en caso que exista alguna señal indeseada (perturbación).
- Ser seguros en cuanto a la información que entrega, evitando resultados bruscos e irreales.

## CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Los sistemas de control tienen la siguiente clasificación:

### Sistemas de control en lazo abierto

Un sistema de control de lazo abierto es aquel donde la variable de salida no tiene efecto sobre la variable de control, como se observa en la figura 2.3.

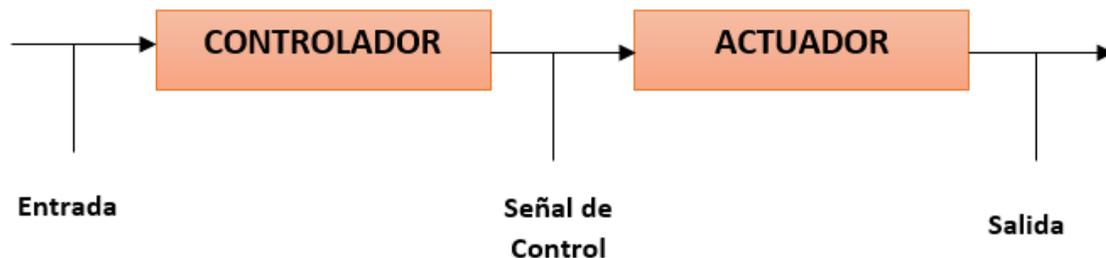
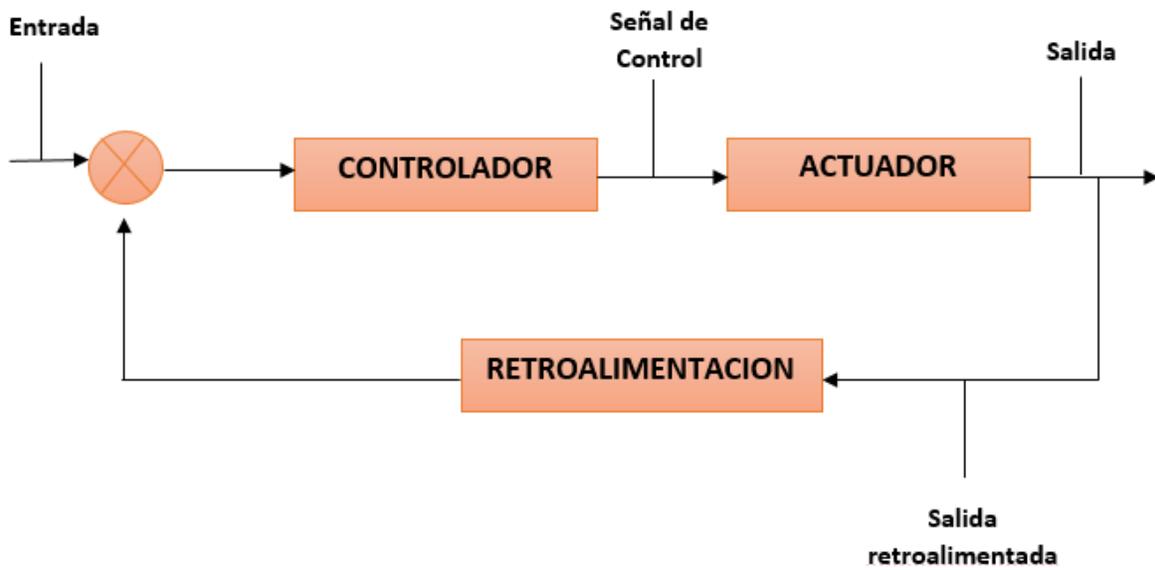


Fig. 2.3: Sistema de Control de lazo abierto

Elaborado por: Investigador, basado en [16]

## Sistema de control en lazo cerrado

Los sistemas de control de lazo cerrado o también denominados sistemas de retroalimentación, son aquellos en donde la variable de salida tiene efecto sobre la variable de control, es decir la salida se compara con el valor de entrada para establecer el error, como se indica en la figura 2.4. [16]



**Fig. 2.4:** Sistema de Control de lazo cerrado

Elaborado por: Investigador, basado en [16]

### 2.2.4. SISTEMAS DE MONITOREO

Los sistemas de monitoreo son aquellas herramientas que permiten tener una administración y supervisión de los dispositivos en la estación remota, para su posterior análisis, está compuesto por elementos tales como: [18]

- Software o herramienta de monitoreo
- Indicadores a monitorear
- Variables a monitorear
- Gráficos de resultados
- Responsable de monitorear, etc.

### 2.2.5. SENSORES

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas y transformarlas en variables eléctricas.

Los sensores tienen las siguientes características estáticas:

**Rango de medida:** El rango de medida son valores comprendidos entre el valor máximo y mínimo detectado por el sensor.

**Resolución:** La resolución permite conocer qué porcentaje mínimo de la señal que ingresa al sistema es posible detectar a su salida.

**Precisión:** La precisión es el valor promedio obtenido entre la medida de salida real y la medida de salida teórica.

**Repetitividad:** La repetitividad es la capacidad de repetir o reproducir una lectura con una precisión establecida.

**Linealidad:** Se tiene linealidad si los incrementos del valor de salida son directamente proporcional con los incrementos de la señal de entrada.

**Sensibilidad:** La sensibilidad es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada.

$$S = \frac{\partial V}{\partial X}$$

**Ruido:** El ruido es cualquier perturbación o variación ya sea externa o interna que afecte la señal que va a ser medida. [19]

Los sensores tienen las siguientes características dinámicas:

**Velocidad de respuesta:** La velocidad de respuesta indica la capacidad del sensor para determinar el retraso de la señal de salida con respecto a la señal de entrada.

**Respuesta en frecuencia:** La respuesta de frecuencia mide la capacidad del sensor para seguir la señal de entrada según aumenta la frecuencia.

**Estabilidad:** La estabilidad muestra la diferencia en la salida del sensor con respecto al valor teórico dado. [19]

### 2.2.5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS SENSORES

La clasificación de los sensores es la siguiente:

#### - SEGÚN EL PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Según el principio de funcionamiento los sensores se clasifican en:

##### **SENSORES PASIVOS**

Los sensores pasivos son aquellos sensores que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar. [20]

##### **SENSORES ACTIVOS**

Los sensores activos son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir alguna fuente de alimentación, un ejemplo de este tipo de sensor es una termocupla como se indica en la figura 2.5.



**Fig. 2.5:** Termocupla [21]

#### - SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL QUE GENERAN

Según el tipo de señal que los sensores generan se clasifican en:

##### **SENSORES DIGITALES**

Los sensores digitales son los que por medio de una señal pasan de un estado a otro y los valores de voltaje que se obtienen son de 5V y 0V.

## SENSORES ANÁLOGOS

Los sensores análogos a la salida, retransmite una señal comprendida por un campo de valores rápidos que cambian en el tiempo y son proporcionales a los resultados que se están midiendo, un ejemplo de esto es el sensor analógico de temperatura que se muestra en la figura 2.6.



Fig. 2.6: Sensor analógico temperatura [22]

### - SEGÚN EL RANGO DE VALORES DE SALIDA

Según el rango de los valores de salida los sensores se clasifican en:

#### SENSORES On/Off

Los sensores On/Off son conocidos como sensores si-no, sensores 0-1 o sensores binarios, son dispositivos mecánicos entre los más importantes están:

- Interruptores Reed, que se enlazan por la proximidad de un imán.
- Interruptor de péndulo, consiste en un peso que se suspende de un hilo conductor dentro de un anillo metálico y el movimiento del anillo ocasiona el cierre del circuito.

#### SENSORES DE MEDIDA

Los sensores de medida o sensores de nivel son dispositivos electrónicos que miden la altura del material; es decir, se tiene una salida proporcional a la señal de entrada.

Un ejemplo de un sensor de nivel es: el sensor ultrasónico sin contacto.

### - SEGÚN EL TIPO DE VARIABLE FÍSICA MEDIDA

Según el tipo de variable física que los sensores son capaces de medir se clasifican en:

## SENSORES MECÁNICOS

Los sensores mecánicos son instrumentos que modifican su comportamiento por la acción de un valor físico que pueden directa o indirectamente afectarlos.

Los sensores mecánicos son utilizados para medir:

Desplazamiento, posición, tensión, movimiento, presión. En la figura 2.7 se puede observar un módulo de potencia. (Sensor mecánico)



Fig. 2.7: Sensor mecánico [23]

## SENSORES DE PESO

Los sensores de peso son aquellos dispositivos eléctricos que tienen la finalidad de reconocer o detectar las variaciones eléctricas ocasionadas por una variante en la intensidad de un peso aplicado. Un ejemplo de este tipo de sensor se puede observar en la figura 2.8, que es una celda de carga WLC-SB.



Fig. 2.8: Celda de carga WLC-SB [24]

### 2.2.6. ESTÁNDARES DE COMUNICACIONES INALÁMBRICAS

Un estándar de comunicación inalámbrica es aquella que define especificaciones técnicas como modelo o referencia para las comunicaciones que se realizan entre emisor y receptor sin la necesidad de un medio físico para propagarse. [25]

## ESTÁNDAR ZIGBEE

El termino ZigBee se refiere un protocolo inalámbrico utilizado para la conexión de una red de área personal inalámbrica. ZigBee ofrece un sin número de ventajas ya que ha sido diseñado para soportar una amplia gama de aplicaciones con una conectividad más robusta que los sistemas inalámbricas anteriores. El motivo principal es poseer un nuevo estándar y permitir la interoperabilidad entre dispositivos no similares.

ZigBee está basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal. La principal meta son las aplicaciones que necesitan comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos.

## ESTANDAR IEEE 802.15.4

El estándar IEEE 802.15.4 es un estándar que define el nivel físico y el mando de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal, entre sus ventajas están: las bajas tasas de transmisión de información, posee un alcance de 10-20 metros como máximo, trabaja en dos canales uno de 11 con 868/915 MHz y de 16 canales a 2.4 GHz y en cuanto a bandas de frecuencia posee dos PHY de 868/915 MHz y de 2.4 GHz., como se indica en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1:** Características del Estándar 802.15.4. [26]

Propiedad	Rango
Rango de transmisión de datos	868/915 MHz: 20kb/s; 40kb/s; 2.4 GHz: 250Kb/s
Alcance	10-20 m.
Latency	Abajo de los 15 ms.
Canales	868/915 MHz: 11 canales 2.4 GHz: 16 canales
Bandas de frecuencia	Dos PHY: 868/915 MHz y 2.4 GHz
Direccionamiento	Cortos de 8 bits o 64 bits IEEE
Canal de acceso	CSMA-CA y rasurado CSMA-CA
Temperatura	El rango de temperatura industrial: -40° a +85° C

## VENTAJAS DE ZIGBEE

Las principales ventajas que posee ZigBee son:

- Útil para conexiones punto a punto y conexiones punto-multipunto
- Planeado para el direccionamiento de datos y la actualización de la red
- Trabaja en la banda libre de ISM 2.4 GHz para las conexiones inalámbricas
- Ideal para las redes de baja tasa de transferencia de datos
- Alojamiento de bits a bits de dirección extendida
- Minimiza los tiempos de espera para el envío y recepción de paquetes
- Son económicos
- Su construcción es sencilla
- Poseen bajo consumo de energía
- Tiene la capacidad de soportar múltiples topologías de red
- Una red ZigBee puede llegar a tener más de 65000 nodos distribuidos en subredes de 255 nodos. [26]

## TIPOS DE DISPOSITIVOS

Existen tres tipos de dispositivos XBee como se indica en la figura 2.9 de acuerdo a la función que están cumpliendo en la red y son:

### a. Coordinador ZigBee

El coordinador ZigBee es el dispositivo que inicia la red, este es capaz de guardar la información proveniente de los nodos y emitir algún tipo de orden en caso de ser necesaria, además permite la distribución de claves de cifrado. [27]

### b. Router ZigBee

El router ZigBee es el encargado de interconectar cada nodo de la red entre sí, además de buscar la ruta más adecuada para el envío de los paquetes de información. [27]

### c. Dispositivo final

El dispositivo final tiene la capacidad de comunicarse con un nodo padre, este nodo padre puede ser, el coordinador o router, pero no permite pasar datos que están destinados a otros dispositivos. [27]



Fig. 2.9: XBee S2 [28]

### **MODO DE FUNCIONAMIENTO XBEE**

El módulo XBee puede ser configurado para establecer una comunicación inalámbrica de los siguientes modos:

- a. **Modo transparente:** El modo transparente es la configuración más sencilla debido a que no necesita mayor conocimiento y programación por parte del usuario, su utilización se da en redes punto a punto donde no hay un nodo encargado del control. [29]
- b. **Modo API:** El modo de aplicación API es el más complejo debido al uso de tramas para el envío y entrega de información, ya que empaqueta los datos que están siendo transmitidos.[29]

La trama de transmisión posee:

- Frame de información RF transmitida
- Frame de comandos

La trama de recepción de datos tiene:

- Trama de transmisión RF
- Comando de respuesta
- Notificaciones de eventos

El modo de operación API permite varias opciones entre las que resaltan:

- Enviar datos a múltiples nodos en la red, sin necesidad de utilizar el modo de comandos.
- Permite conocer el estado de los paquetes, en caso de que uno falle.
- Conocer la dirección de origen de los paquetes.

## TRAMA API

La trama API está compuesta por un byte que inicia la trama, los siguientes bytes indican la dimensión de la trama, sin contar con la cabecera, ni el byte de checksum, como se indica en la figura 2.10, mientras que el checksum controla si existe un error en la trama, mediante la suma de chequeo.



Fig. 2.10: Ejemplo de comando AT

Elaborado por: Investigador, basado en [30]

- c. **Modo de comandos:** El modo de comandos permite ingresar comandos AT al XBee de tal manera que se lo pueda programar o configurar para establecer una comunicación entre el XBee origen y el XBee destino, un aspecto importante a establecer son las direcciones.

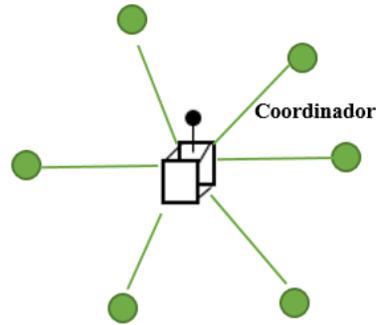
### 2.2.7. TOPOLOGIAS DE RED

Las topologías de red ZigBee son las siguientes:

#### a. TOPOLOGIA ESTRELLA

En esta topología estrella se posee un único nodo trabajando como coordinador de red de área personal, como se muestra en la figura 2.11. Por ende si un dispositivo de función completa FFD está activado puede establecer su propia red y ser un coordinador PAN eligiendo un identificador de red.

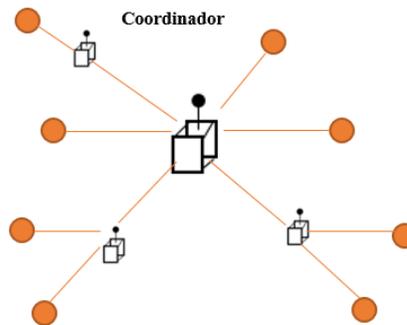
En esta topología la comunicación es centralizada cada dispositivo FFD o RFD se unen a la red y si requieren comunicarse con otros dispositivos debe enviar información al coordinador PAN. [31]



**Fig. 2.11:** Topología estrella [31]

### **b. TOPOLOGIA ARBOL**

La topología árbol es una red punto a punto en donde un coordinador crea la red inicial. Los routers ZigBee tienen la función de formar las ramas y enviar los mensajes mientras que los dispositivos finales ZigBee, se comportan como hojas del árbol y no participan en el enrutamiento de mensajes, como se indica en la figura 2.12 [31]



**Fig. 2.12:** Topología árbol [31]

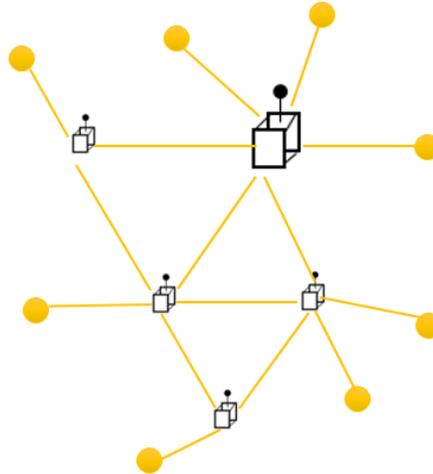
### **c. TOPOLOGIA MESH**

En la topología MESH hay conectividad total e integra de todos los FFDs que conforman la red con el coordinador PAN como se muestra en la figura 2.13. Los dispositivos de funcionalidad reducida RFDs también participan en la red pero solo poseen conectividad con los FFD y no pueden participar en el enrutamiento.

#### **Ventajas**

- Son confiables
- El rendimiento es eficiente

Automáticamente los módulos generaran la red entre ellos sin la necesidad de la intromisión humana permitiendo la reparación de la red en caso de que algún nodo se caiga. Además que la red por si sola encuentra la mejor ruta para la información. [31]



**Fig. 2.13:** Topología Mesh [31]

## **BLUETOOTH**

El estándar de comunicación inalámbrica bluetooth es una tecnología de alcance corto que permite las comunicaciones entre computadoras personales, dispositivos móviles, etc., mediante una radiofrecuencia segura de 2.4 GHz, sin la necesidad de cables ni conectores. [32]

### **VENTAJAS**

Entre las principales ventajas del bluetooth están:

- Uso general y amplio, en varios ámbitos cotidianos.
- Fácil uso
- Libre de cables y conexiones.
- Uso gratuito
- Control y seguridad en la información. [33]

### **GENERAL PACKET RADIO SERVICE**

El estándar General Packet Radio Service GPRS, admite las comunicaciones inalámbricas, enviando y recibiendo paquetes de datos, que alcanzan velocidades de

hasta 115 Kbps. Este estándar pertenece a la generación 2.5 y se basa en el sistema GSM de transmisión de voz. [32]

### **VENTAJAS**

El estándar GPRS posee las siguientes ventajas:

- Mayor velocidad de transmisión hasta 144 Kbps, debido a sus varios canales asignados, tanto en el sentido de transmisión del móvil a la estación base y viceversa.
- Capacidad de realizar y recibir llamadas de voz mientras se ocupan otros servicios disponibles de GPRS.
- Uso adecuado y eficaz de los recursos de la red
- Servicio punto a punto.
- Posee el servicio de SMS. [34]

### **RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION**

Los RFID son sistemas de almacenamiento y recuperación de información remoto, estos datos son recuperados mediante etiquetas, tarjetas, transpondedores o tags RFID, cuyo propósito es la de identificar y transmitir la identidad de un objeto a través de ondas de radio. [32]

### **VENTAJAS**

El estándar RFID posee las siguientes ventajas.

- Seguridad de la información en ambientes severos.
- Distancias de lectura escrita mayor de 10m a 100m
- Posee frecuencias hasta 868 MHz
- Relativamente económico.
- Capaz de comunicarse eficazmente con su ambiente circundante.
- Identificación mediante radiofrecuencias. [35]

## SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL

El GPS es un sistema que permite ubicar o determinar con precisión la posición de un objeto; está formado por 24 satélites que están en órbita alrededor de la tierra, los cuales son los encargados de emitir una señal durante las 24 horas del día y dicha señal es receptada sus estaciones terrenas. [32]

### 2.2.8. ZONA DE FRESNEL

Zona de Fresnel es el volumen de espacio comprendido entre emisor y receptor cuando existe una comunicación inalámbrica, el cual no debe superar los  $180^\circ$ , como se observa en la figura 2.14; el principal objetivo del cálculo de la zona de Fresnel es la ubicación de las antenas respetando la primera zona de Fresnel, por esto también se debe contar con otro tipo de condiciones idóneas las cuales son:

- Utilizar las antenas correctas.
- Ausencia de condiciones climatológicas adversas
- Visión directa entre emisor y receptor.
- Altura correcta para ubicar las antenas.

Para conseguir un mejor alcance de los dispositivos de radio frecuencia se debe tener despejado al menos el 80% de la primera Zona de Fresnel. [36] [37]

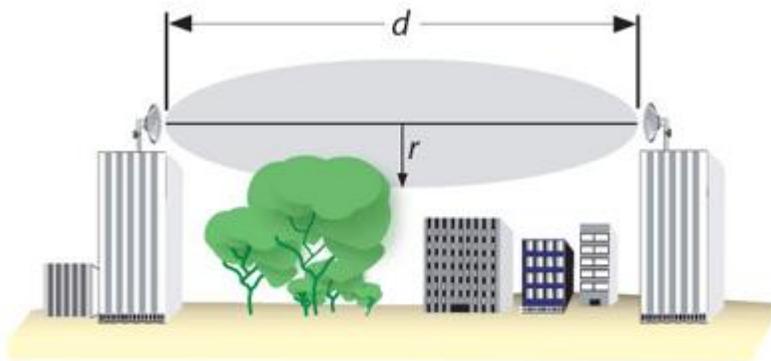


Fig. 2.14: Primera Zona de Fresnel [36]

### **2.2.9. INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA**

La interfaz hombre-máquina tiene como función la interacción entre los dispositivos que se van a monitorizar y el encargado o supervisor, cuya función es conocer cada uno de los procesos que se estén dando.

Los componentes necesarios para una interfaz hombre-máquina son:

- El valor o acción de entrada, una persona es la encargada de emitir una petición o ajuste a través de algún medio para hacerle saber a la máquina que hacer.
- La salida, cuyo objetivo es permitir al usuario conocer en tiempo real lo que sucede con los procesos para el análisis respectivo. [38]

### **CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS HMI**

Las principales características de la interfaz hombre-máquina son:

- Indicación del estado del proceso
- Verificación de alarmas
- Ejecución de acciones de mando.
- Encendido y apagado de equipos
- Control de archivos y directorios
- Interconexión con otros sistemas
- Sistemas de ayuda interactivo
- Información del estado
- Instrumentos de desarrollo de aplicaciones. [39]

### **APLICACIONES DE LAS HMI**

La interfaz hombre-máquina puede tener diversas aplicaciones como lo son:

- Control de videojuegos
- Control de plantas de producción
- Control de sistemas de regadío
- Seguridad
- Control de florícolas, etc. [40]

## TIPOS DE INTERFAZ HMI

En las interfaces de usuario se destacan tres tipos:

1. **Interfaz de hardware:** La interfaz de hardware son aquellos dispositivos que sirven para el ingreso, procesamiento y entrega de información como lo es: el teclado, pantalla y mouse.
2. **Interfaz de software:** La interfaz de software permite la entrega de información acerca de cada uno de los procesos que se llevan a cabo mediante un visualizador.
3. **Interfaz de software-hardware:** La interfaz de software-hardware establece una conexión entre el hombre y la máquina de tal forma que se realiza un trabajo bilateral que permite la comprensión de instrucciones de ambas partes. [41]

De acuerdo a la forma en la que el usuario trabaja y se relacionan con la interfaz, existen varios tipos: [39]

**Interfaz de líneas de comandos:** La interfaz de líneas de comandos son interfaces alfanuméricas, es decir que solo presentan texto.

**Interfaz gráfica de usuario:** La interfaz gráfica de usuario otorga al usuario la facilidad de interpretar los resultados de manera rápida y sencilla mediante gráficas de los dispositivos de control y medida.

Conforme a la manera en que se construye la interfaz hombre-máquina puede ser:

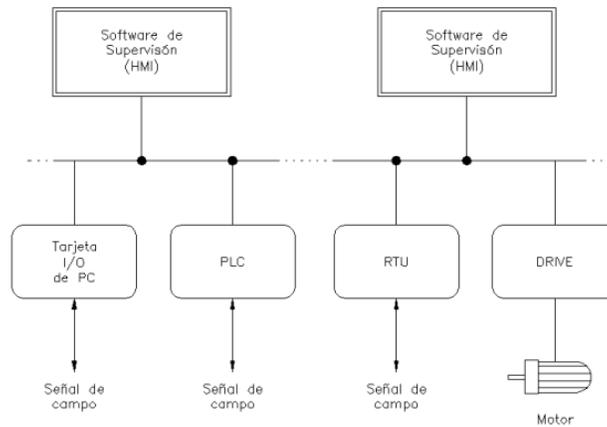
**Interfaz de hardware:** La interfaz de hardware permite al usuario mediante dispositivos físicos intercambiar datos con la computadora.

**Interfaz de software:** La interfaz de software son programas que permiten dar órdenes a la computadora y mostrar la respuesta. [39]

## SISTEMA HMI (SOFTWARE)

El sistema HMI por sus siglas en inglés Human-Machine Interface, es la Interfaz Hombre-Máquina, estos sistemas funcionan como ventanas de procesos, que se pueden ubicar en dispositivos especiales, ya sean paneles de operador o en una computadora.

Los sistemas HMI que se encuentran en computadoras, se los denomina también como software HMI o de monitoreo y control. Las señales de procesos son conducidas al HMI mediante dispositivos, como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's etc., como se observa en la figura 2.15. Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que puede ser entendida por la interfaz Hombre-Máquina. [41]



**Fig. 2.15:** Interfaz Hombre-Máquina [41]

### 2.2.10. SOFTWARE

El Software es un programa o conjunto de programas que permiten realizar varias tareas en un sistema informático, el software posee datos, cálculos, procedimientos y reglas para obtener el objetivo deseado.

Para el sistema a realizarse la interfaz gráfica de monitoreo y control que va a ser utilizada se lo hará mediante el software LabVIEW ya que permite el desarrollo de aplicaciones de una manera intuitiva.

### LABVIEW

LabVIEW es un software realizado por la empresa National Instruments dirigido a la programación de instrumentos virtuales en un entorno gráfico.

Los programas desarrollados en LabVIEW son llamados instrumentos virtuales porque su apariencia y forma de trabajo imitan los instrumentos físicos. Sin embargo son semejantes a las funciones creadas con los lenguajes de programación tradicionales.

Los VIs tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente y acepta los parámetros que provienen de otros VIs. [42]

### a. Panel Frontal

El panel frontal es una interfaz gráfica de instrumentos virtuales con el usuario, esta interfaz es capaz de acumular las entradas procedentes del usuario y representar las salidas proporcionadas por el programa. El panel frontal está constituida por una serie de botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc.

Cada uno de estos puede ser ya sea un control como se muestra en la figura 2.16 y sirve para introducir parámetros al VI o un indicador que son utilizados para mostrar los resultados como indica la imagen b.

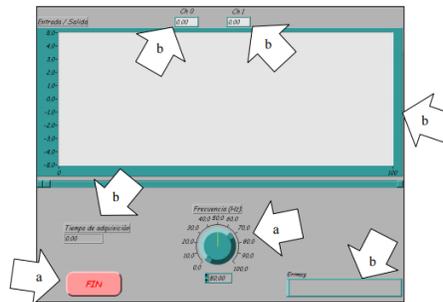
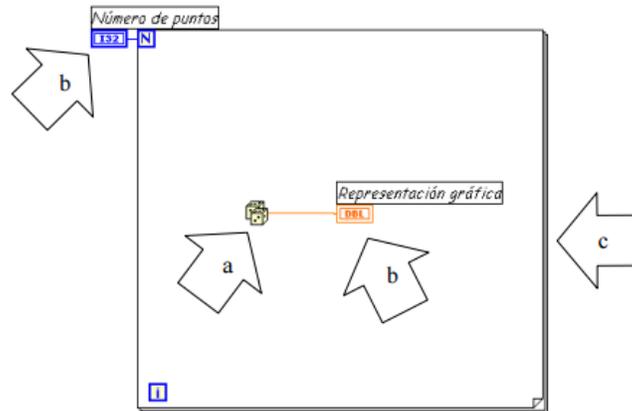


Fig. 2.16: Panel de LabVIEW [42]

### b. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques es el código fuente de los instrumentos virtuales, es aquí donde se realiza la implementación del programa ya sea para el control o procesamiento de las entradas y salidas.

El diagrama de bloques también está conformado por funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. El diagrama está conformado por a. Función, b. Terminales ya sea control o indicador y c. Estructura como se indica en la figura 2.17.



**Fig. 2.17:** Diagrama de Bloques [42]

El diagrama de bloques se construye conectando los distintos objetos entre sí, como si de un circuito se tratara. Los cables unen terminales de entrada y salida con los objetos correspondientes, y por ellos fluyen los datos. LabVIEW posee una extensa biblioteca de funciones, entre ellas, aritméticas, comparaciones, conversiones, funciones de entrada/salida, de análisis, etc.

### c. Paletas

Las paletas brindan las herramientas que se necesitan para crear y modificar tanto el panel frontal como el diagrama de bloques.

### d. Paletas de herramientas

Las paletas de herramientas permiten editar y depurar los objetos que se tienen en el panel frontal como en el diagrama de bloques, la paleta de herramientas se indica en la figura 2.18.



**Fig. 2.18:** Paleta de herramientas [42]

### e. Paleta de controles

La paleta de controles es utilizada solo en el panel frontal y posee todos los controles e indicadores que serán ocupados para crear la interfaz del VI, como se muestra en la figura 2.19.



Fig. 2.19: Paleta de controles [42]

### f. Paleta de funciones

La paleta de funciones que se indica en la figura 2.20 se utiliza para el diseño del diagrama de bloques, tiene todos los objetos que se emplean en la implementación del programa, ya sean funciones aritméticas de entrada/salida de señales, entrada/salida de datos a ficheros, adquisición de señales y temporización de la ejecución del programa a realizarse. [42]

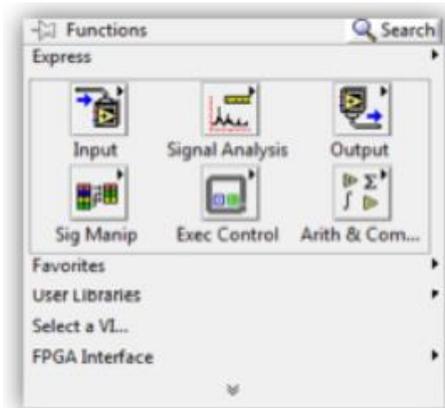


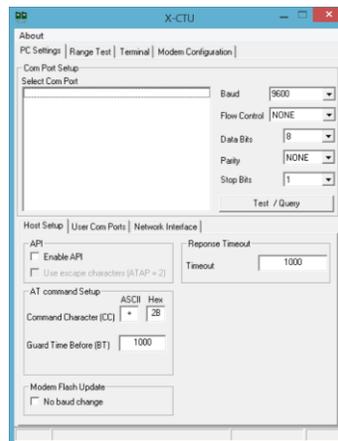
Fig. 2.20: Paleta de funciones [42]

## SOFTWARE X-CTU

El software X-CTU es una plataforma libre que permite la interacción y configuración de los módulos XBee, mediante una interfaz gráfica e interactiva cuyo uso se fácil para el usuario. [43]

El programa X-CTU cuenta con múltiples funciones para su configuración que se detallan a continuación:

- a. **PC Settings:** Pc Settings ofrece la posibilidad de configurar parámetros básicos para la comunicación como son: selección del puerto, baudios, control de flujo, paridad, bits de parada al igual que habilitar el modo API, como se indica en la figura 2.21.



**Fig. 2.21:** Ventana PC Settings

**Elaborado por:** Investigador

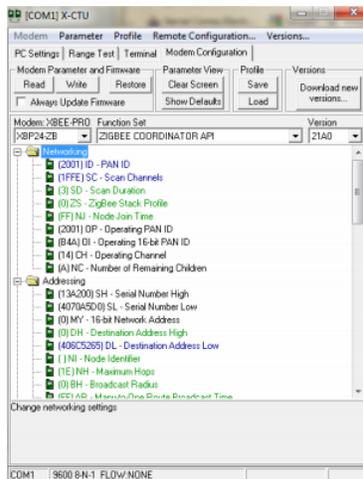
- b. **Range Test:** Range test permite conocer el estado, el número de paquetes erróneos y correctos y la fiabilidad con la que estos llegan a su destino al igual que después de haber sido configurados. [44]
- c. **Terminal:** En el terminal se puede observar leer y escribir las tramas que llegan al módulo XBee, estas tramas se encuentran en modo hexadecimal como se indica en la figura 2.22. [44]



**Fig. 2.22:** Ventana Terminal

**Elaborado por:** Investigador

**d. Modem Configuration:** Modem configuration como su nombre lo indica es el encargado de la configuración de cada uno de los parámetros del XBee, ya sea las direcciones, identificadores, función del XBee dentro de la red, versión con la que se está trabajando y sobre todo el tipo de modem XBee, como se puede observar en la figura 2.23.[44]



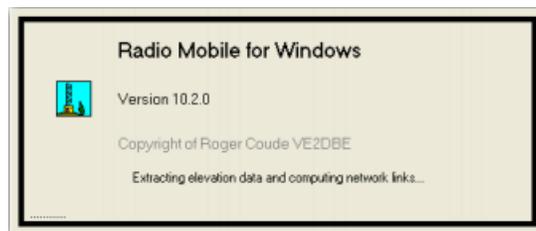
**Fig. 2.23:** Ventana Modem Configuration

**Elaborado por:** Investigador

## RADIO MOBILE

Radio Mobile es un software de radioenlaces basado en el modelo de Longley-Rice conocido por tratarse de un modelo de terreno irregular y opera en el rango de frecuencias de 20 MHz a 20 GHz.

Con Radio Mobile se puede realizar cálculos para la obtención de datos necesarios para los radioenlaces; este software utiliza cartografías y mapas satelitales lo que permite tener información actualizada de la superficie terrestre. En la figura 2.24 se puede observar el logo de Radio Mobile. [45] [46]



**Fig. 2.24:** Logo de Radio Mobile para Windows.

**Elaborado por:** Investigador

### 2.2.11. HARDWARE LIBRE

El hardware libre son dispositivos de código independiente o libre, los equipos cuyas características técnicas y diagramas esquemáticos son de uso y adquisición pública, puede ser de forma gratuita o mediante el pago del mismo.

Un ejemplo de hardware libre es el Arduino que se indica en la figura 2.25. [47]



**Fig. 2.25:** Arduino, Hardware libre [48]

### **2.3. PROPUESTA DE SOLUCIÓN**

La propuesta de solución para el presente proyecto de investigación es el desarrollo de un prototipo que consiste en sensores ubicados en los contenedores de basura, encargados de detectar tanto el nivel como el peso de los desechos, una vez que estos han alcanzado el 80% en cuanto a nivel y 400 kg en peso, se emite una alarma mediante una red inalámbrica que será monitoreada a través de una estación remota con una interfaz hombre-máquina.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Modalidad de la Investigación**

El presente proyecto es una investigación aplicada ya que tiene como finalidad la aplicación de conocimientos ya existentes para la resolución de un determinado problema, en este proyecto de investigación las modalidades que se utilizaron son las siguientes:

La modalidad bibliográfica ya que se obtuvo la información y datos mediante fuentes secundarias como libros, revistas, periódicos, tesis, páginas web, para poder aumentar los conocimientos y de esta manera indagar, conocer, actualizar y verificar diferentes datos ya obtenidos previamente.

La metodología de campo porque permitió al investigador adquirir información exacta y veraz del lugar en donde es necesaria la implementación del proyecto y principal fuente de problemas que necesitan ser solucionados.

#### **3.2. Población y Muestra**

Para el desarrollo de este proyecto de investigación se contó con la siguiente población:

- Personal técnico de la EPM-GIDSA

- Moradores y comerciantes del sector del Mercado Sur, ubicado en la ciudadela España en las calles Barcelona y Sevilla del cantón Ambato, la misma que cuenta con 7 ecotachos.

Este proyecto de investigación debido a las características técnico-científicas que presenta no requirió una muestra.

### **3.3. Recolección de Información**

Para la adquisición de información se obtuvo datos de personas capacitadas en este tema como lo es el personal que trabaja en EPM-GIDSA encargados del área de recolección de basura, quienes otorgaron información sobre las diferentes necesidades e inconvenientes que se presentan al momento de realizar su labor, de la misma manera se recopiló opiniones con el motivo de conocer la temática y situación actual de los ecotachos; así también documentos que avalaron como se maneja el actual sistema de acopio de basura para cada sector otorgado por los Ingenieros a cargo del área de mantenimiento

Además, se recopiló información a través de textos que resultaron de gran utilidad para el correcto análisis de las soluciones más factibles y viables al problema planteado.

### **3.4. Procesamiento y análisis de datos**

Para la presente investigación se realizó el procesamiento y análisis de la información con los parámetros detallados a continuación:

1. Análisis y estudio de las fuentes bibliográficas como libros de textos, páginas web, tesis, así como datos fiables y verídicos otorgados por el EPM-GIDSA.
2. Revisión del estado actual de los contenedores ubicados en el sector del Mercado Sur en el cantón Ambato
3. Análisis e interpretación de los Resultados.

### **3.5. Desarrollo del Proyecto**

Para el correcto desarrollo del presente proyecto se detallan los siguientes aspectos básicos:

1. Determinar las características de funcionamiento y operación de trabajo, al momento de realizar la recolección de la basura en EPM-GIDSA.
2. Analizar el actual sistema que utiliza EPM-GIDSA para la recolección de basura.
3. Realizar un estudio de campo del actual sistema de gestión de rutas de la EPM-GIDSA
4. Investigar los sistemas de control y monitoreo a través de libros, páginas web, tesis, etc.
5. Sintetizar los datos más relevantes obtenidos a partir de la investigación de los sistemas de control y monitoreo.
6. Analizar los dispositivos y equipos necesarios para establecer un prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura.
7. Diseñar un prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura.
8. Seleccionar el software de acuerdo a los requerimientos de EPM-GIDSA.
9. Diseñar una interfaz HMI para el control y monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato.
10. Realizar las pruebas de funcionamiento y corrección de errores para el ajuste del prototipo.

## **CAPITULO IV**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

El presente proyecto de investigación está enfocado a atender los diferentes problemas que presenta EPM-GIDSA en la recolección de basura para evitar inconvenientes de presencia de desechos sólidos en las aceras y lugares aledaños a los contenedores de basura.

Dada la planificación obsoleta que tiene EPM-GIDSA para conocer el nivel de los desechos sólidos en los contenedores de basura que está basado en la toma de datos de acuerdo a observaciones del personal a cargo y de manera manual para luego ser archivadas de forma poco adecuada y sin las debidas precauciones para evitar daños en los documentos.

Además de la escasa automatización que se ha implementado a través de los años, existe la imperiosa necesidad de contar con un sistema que permita conocer el estado de los contenedores, para monitorearlos y conocer las acciones preventivas y correctivas necesarias para tener un manejo más eficiente de los desechos sólidos de tal manera que los moradores y personal de EPM-GIDSA estén satisfechos con la recolección de la basura.

#### **4.1. ANALISIS DE FACTIBILIDAD**

El estudio de factibilidad permitió conocer y evaluar la necesidad de este proyecto de investigación y su viabilidad en cuanto a varios factores que intervienen para su realización, como son:

#### **4.1.1. Factibilidad Institucional**

Existe la factibilidad institucional para este proyecto de investigación, debido a la necesidad de EPM-GIDSA de poseer un sistema que ayude a mejorar el actual sistema de rutas a fin de optimizar la recolección de los desechos sólidos de los ecotachos ubicados en el Mercado Sur en el cantón Ambato.

#### **4.1.2. Factibilidad Técnica**

La factibilidad técnica para este proyecto de investigación existe, dado que se cuenta con todas las herramientas tecnológicas para el desarrollo del Prototipo para el control y monitoreo de los contenedores de basura en el sector del Mercado Sur en el cantón Ambato.

#### **4.1.3. Factibilidad Bibliográfica**

Se tiene factibilidad bibliográfica debido a que se cuenta con la información necesaria obtenida de diferentes fuentes, tanto de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial al igual que EPM-GIDSA.

#### **4.1.4. Factibilidad Económica**

La factibilidad económica de este proyecto de investigación es positiva, debido a que el valor total de este sistema es accesible para el investigador, en cuanto a hardware y software se refiere, incluyendo mano de obra y otros componentes electrónicos que se requieran para el desarrollo del sistema.

### **4.2. INFORMACIÓN DEL ACTUAL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE BASURA**

El sistema para la recolección de basura que utiliza actualmente EPM-GIDSA está basado en una planificación de rutas que incluye vehículos, días y la distancia recorrida a cada destino. Esta planificación se ha hecho de acuerdo a un estimado del llenado de los desechos sólidos de cada contenedor de basura de acuerdo al sector en que se encuentre, para su posterior recolección mediante los vehículos de carga lateral.

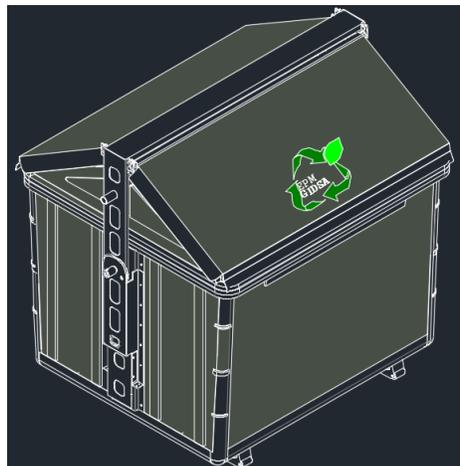
En la planificación se destacan las llamadas zonas críticas, debido a la cantidad de basura que se generan en estos contenedores al encontrarse ubicados en sectores de gran afluencia de personas, tal es el caso del Mercado Sur, que cuenta con 4

contenedores de basura ubicados de tal manera que los moradores puedan acceder a ellos desde cualquier punto del mercado.

Estos contenedores de basura están ubicados en toda la provincia de Tungurahua, con las mismas características, son de tipo mecánico con capacidad para 2400 litros del modelo CMR 2400/300, como se detallara a continuación.

#### **4.2.1. Contenedores Metálicos CMR-2400/300**

Los contenedores metálicos Themac son elaborados con tecnología mecánica, enfocada hacia todas las necesidades y la atención de las peculiaridades del usuario latinoamericano. Las dimensiones de los contenedores han sido analizadas en conjunto con equipos de carga lateral para certificar una completa funcionalidad en las operaciones de recolección y lavado. Los contenedores metálicos brindan una forma higiénica y técnica de manipular los residuos sólidos tanto para los operadores, moradores y medio ambiente. Con capacidad para 2400 litros de acuerdo al modelo que se esté utilizando, en el caso del Mercado Sur son los CMR-2400/300, como se muestra en la figura 4.1. Estos contenedores se encuentran para el uso permanente de los moradores y tienen una vida útil promedio de 10 años y son color verde oscuro. Estas características se detallan en la tabla 4.1.



**Fig. 4.1:** Prototipo de ECOTACHO [49]

**Tabla 4.1:** Características de los contenedores de 2400 lts del Mercado Sur [50]

<b>CONTENEDORES MÉTALICOS MODELO CMR</b>	
Capacidad	<b>2400 Litros</b>
Vida útil	<b>10 años</b>
Modelos	<b>RSU- para residuos domiciliarios</b>
Colores	<b>Verde</b>
Año de compra	<b>2010</b>

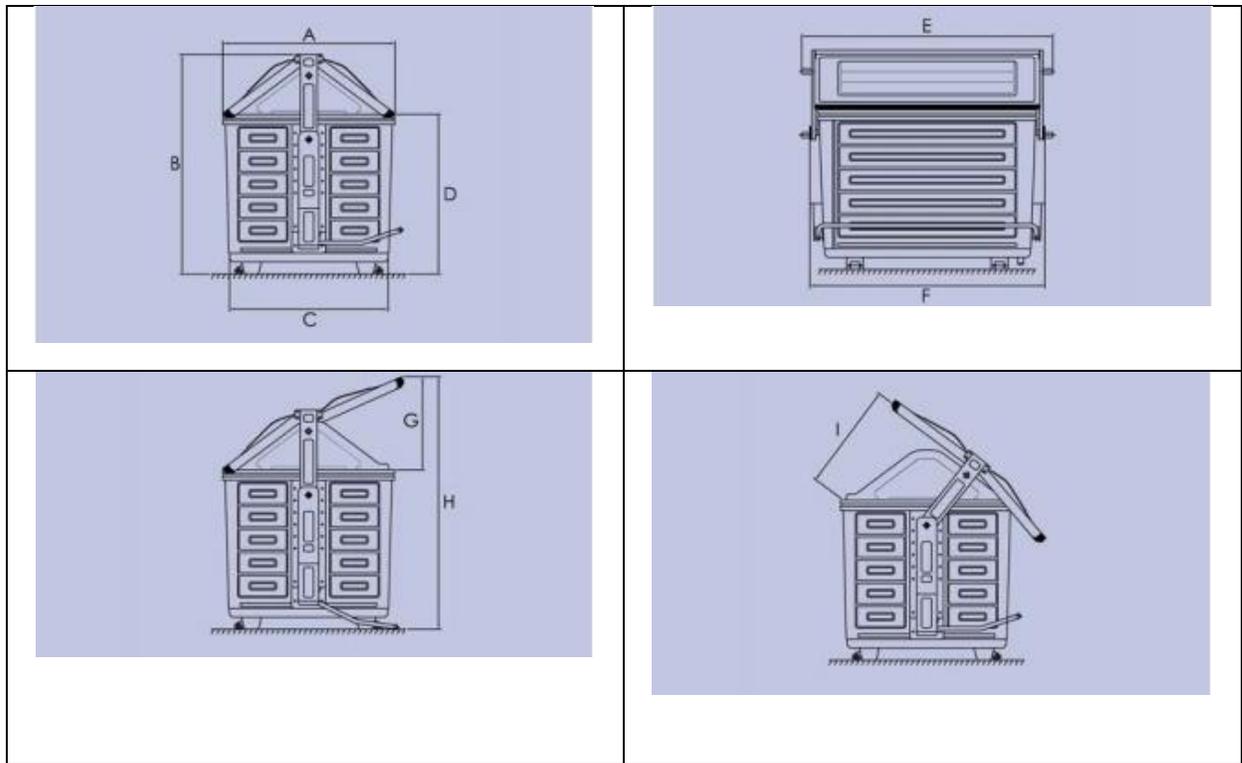
#### **4.2.2. Medidas principales de los contenedores**

Los contenedores de basura tienen las siguientes medidas cuya simbolización está dada por las letras del alfabeto y sus en milímetros.

Las medidas laterales de dimensiones se encuentran los contenedores de basura están asignadas por las letras de la A la C, las medidas posteriores por las letras E y F mientras que las frontales por la G y H como se indica en la figura 4.2 y tabla 4.2.

**Tabla 4.2:** Medidas de los contenedores de 2400 lts del Mercado Sur [50]

<b>Medidas</b>	<b>Dimensiones 2400 lts</b>
<b>A</b>	1290 mm
<b>B</b>	1650 mm
<b>C</b>	1190 mm
<b>D</b>	1200 mm
<b>E</b>	1880 mm
<b>F</b>	1760 mm
<b>G</b>	700 mm
<b>H</b>	1900 mm
<b>I</b>	800 mm



**Fig. 4.2:** Medidas de los contenedores de 2400 lts del Mercado Sur [50]

### 4.2.3. Rutas de recolección de basura

Las rutas de recolección de basura están establecidas según un estimado de llenado o la afluencia de gente que tenga dicho sector, esto se lo hace por días como se detalla en la tabla 4.3. En esta tabla se puede apreciar que está dividido por zonas, la 20, 21, 22 y 28 en total con un número de 435 ecotachos a cargo de EPM-GIDSA en donde se destaca las **zonas críticas**, que corresponde a la Av. Víctor Hugo, Mercado Sur, Hospital Milenium entre otras.

Además en la tabla 4.4 se observa la hora de salida de cada camión de carga lateral la zona y el número de viajes que realiza diariamente

**Tabla 4.3:** Rutas de recolección [49]



**DESCRIPCION DE RUTAS DE RECOLECCION**

ZONAS	DESCRIPCIÓN	VEHÍCULOS	DÍAS	RECORRIDO DIARIO EN KM
20	GIDSA (PRIMER VIAJE) 17-01-38 MANUELITA SAENZ-OBRA PÚBLICA-CONJUNTO SAN RAFAEL-SEMINARIO MAYOR-05-01-07 LAS CATILINARIAS	MERCEDEZ BENZ #29	VIERNES (MANTENIMIENTO)	70 KM
	(SEGUNDO VIAJE) 05-01-07 LAS CATILINARIAS-HUACHI CHICO-LA FLORIDA-NUEVA ESPERANZA-05-01-07-AV. INDOAMERICA-TRES JUANES-LA			
	VICTORIA-LA CONCEPCION			
21	GIDSA (PRIMER VIAJE) 16-01-36 AV. VICTOR HUGO-MERCADO SUR-CDLA ESPANA-LOS SAUCES-PUERTAS DEL SOL-URB. OSCUS-MINARICA I	MERCEDEZ BENZ # 29	LUNES-MIERCOLES-VIERNES-SABADOS	96 KM
	GIDSA (SEGUNDO VIAJE) 03-02-04 MIÑARICA II-LA ALBORADA-LA FLORESTA-HOSPITAL MILENIUM		MARTES MANTENIMIENTO	
22	GIDSA (PRIMER VIAJE) 17-01-38 AV.ATAHUALPA-CDLAS SAN CAYETANO LA PRESIDENCIAL-LA PRADERA	MERCEDEZ BENZ # 29	LUNES-MIERCOLES-VIERNES-SABADOS	145 KM
	GIDSA (SEGUNDO VIAJE) 17-02-39 URBANIZACION EL DORADO-CONCEJO PROVINCIAL-CDLA NUEVO AMBATO 05-01-07 INGAHURCO BAJO		JUEVES MANTENIMIENTO	
28	GIDSA (PRIMER VIAJE) 02-02-09 PINLLO-LA VICTORIA-LA CONCEPCION	C.C.L #25	LUNES-MIERCOLES-VIERNES-SABADOS	80 KM
	GIDSA (SEGUNDO VIAJE) 23-01-48 INGAHURCO BAJO-LOS TRES JUANES-IZAMBA			

**Tabla 4.4:** Recolección de carga lateral del cantón Ambato [49]

**EPM-GIDSA**

Ítem	Nombre del chofer	Número vehículo	Número ayudantes	Numero de zona	Hora de salida	Número de viajes
1	Guillermo Sailema	29	1	22	09:00	2
2	Guillermo Sailema	29	1	22	14:00	2
3	Iván Sailema	29	1	22	14:00	2
4	José Rentería	25	1	20	17:00	2
5	José Rentería	25	1	20	17:00	2
6	José Rentería	25	1	20	17:00	2
7	Julio Bayas	29	1	21	17:00	2
8	Julio Bayas	29	1	21	17:00	2
9	Paco Bayas	25	1	28	05:00	2

### 4.3 FUNCIONES PRINCIPALES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Las funciones principales del Prototipo de control y monitoreo de los contenedores de basura del Mercado Sur son los siguientes:

1. Verificar que el ecotacho este a un 80% de su capacidad.
2. Realizar la transmisión inalámbrica de los datos.

### 4.4. TIPO DE VARIABLES PARA CONTROL Y MONITOREO

Las variables que van a ser controladas y monitoreadas estarán acorde a los requerimientos expuestos por EPM-GIDSA según los diferentes inconvenientes que han encontrado, entre los que resaltan:

- Acumulación de basura en los alrededores del Mercado Sur.
- Malos olores de los contenedores de basura.
- Exceso de desechos sólidos en los contenedores de basura.

El problema en común que tienen los moradores del Mercado Sur en el cantón Ambato se da debido a la gran cantidad de basura generada por el comercio que existe en la zona, razón por la cual EPM-GIDSA, acorde a su planificación no puede evitar la

acumulación de basura a la intemperie. Sin embargo con la ayuda de un prototipo que permita conocer el estado actual de los contenedores, los vehículos de carga lateral podrían acudir al Mercado Sur cuando sea necesario evitando las molestias a los moradores.

Según el problema que se presenta en el Mercado Sur y de acuerdo a los técnicos de EPM-GIDSA las variables para monitorear y controlar los desechos sólidos serán:

- **Nivel de desechos sólidos**

El nivel de desechos sólidos que contenga el contenedor de basura no deberá superar los 4/5 (cuatro quintos) del mismo, es decir un 80%.

- **Peso de desechos sólidos**

El peso de los desechos sólidos que ingresen al contenedor de basura no deben superar los 500 kg debido a que los vehículos de carga lateral que son los encargados de transportar la basura no pueden elevar un ecotacho que supere dicho valor, es por ello que se deberá controlar y monitorear al contenedor cuando este alcance los 400 kg para evitar inconvenientes.

Estas dos variables deberán ser controladas y monitoreadas en conjunto para el posterior análisis del operador a cargo.

## **4.5. SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS COMPONENTES DE HARDWARE Y SOFTWARE**

La selección y evaluación de los componentes necesarios se lo realizo previa la construcción del sistema, de tal manera que permite una mejor comprensión de las características técnicas de cada componente y se analiza según las necesidades del sistema a implementar.

### **4.5.1. Selección de sensores**

Para la implementación de este sistema de control y monitoreo y después del análisis realizado por la EPM-GIDSA y el investigador, se procederá a la selección de los

sensores que satisfagan de mejor manera las necesidades e inconvenientes anteriormente mencionados.

**Variables físicas medibles/principios de funcionamiento**

Las variables físicas medibles para cada uno de los sensores que van a ser utilizados de manera independiente acorde a las necesidades de EPM-GIDSA se detallan a continuación:

Entre estos resaltan los sensores capacitivos que permiten conocer tanto la posición, desplazamiento al igual que el nivel; inductivos que pueden medir las mismas variables físicas que los capacitivos, pero cuya principal diferencia es el tipo de material, ya sea metálico o no metálico, también se encuentran los finales de carrera, optoelectronicos, magnetorresistivos y extensiómetros que miden la posición del material a medir, todo esto se indica en la tabla 4.5.

**Tabla 4.5:** Sensores y sus variables físicas medibles y sus principios de funcionamiento

		Variable física medida											
		POSICION	DESPLAZAMIENTO	VELOCIDAD	ACELERACION	TAMAÑO	NIVEL	PRESION	FUERZA	PROXIMIDAD	TEMPERATURA	RADIACION	PESO
<b>Principio de funcionamiento</b>	Microrruptores	X				X							
	Finales de carrera	X											
	Extensiómetros	X	X	X	X			X	X				
	Termorresistivos									X			
	Magnetorresistivos	X	X	X									
	Capacitivos	X	X		X		X	X	X	X			
	Inductivos	X	X	X	X			X	X	X			
	Optoelectrónicos	X	X	X				X	X				
	Celdas de carga												X
	Piezoelectrónicos		X	X	X			X	X				
	Piezoeléctricos		X	X	X			X					
	Fotovoltaicos											X	
Ultrasónicos	X					X							

#### 4.5.1.1. Selección del sensor de nivel

Los sensores de nivel o también denominados de posición tienen las siguientes características, ventajas, desventajas y aplicaciones como se indica en la tabla 4.6, en donde los sensores que cumplen con los requerimientos necesarios de la EPM-GIDSA son: los ultrasónicos, los capacitivos e inductivos por las ventajas que estos tienen, entre las que resaltan: la capacidad de detección de nivel y objetos.

**Tabla 4.6:** Sensores de nivel y proximidad [51]

Sensor de Proximidad	Características	Ventajas	Desventajas	Aplicación
<b>Inductivo</b>	Posee una bobina con núcleo de ferrita, un sensor de nivel de disparo de detección de la señal y un circuito de salida	Detección de objetos metálicos ferrosos	Interferencia por campos electromagnéticos intensos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de válvulas</li> <li>- Detección de piezas electromagnéticas</li> </ul>
<b>Capacitivo</b>	Encargado de indicar un cambio de estado de acuerdo a la variación del estímulo de un campo eléctrico	Detección de objetos metálicos y no metálicos	Alcance de detección corto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de nivel</li> <li>- Detección de líquidos</li> </ul>
<b>Réflex</b>	Transmite un haz de luz	Encargado de detectar objetos de pequeñas dimensiones y colores	Tiempo de respuesta alto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localiza cuerpos no deseados</li> </ul>
<b>Ultrasónico</b>	Emiten sonidos y miden el tiempo que estos tardan en retornar para convertirlo en señales eléctricas.	Detección de objetos frágiles	Existen zonas ciegas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Detección de objetos en movimiento.</li> <li>- Detección de nivel</li> </ul>
<b>Óptico</b>	Interacción entre la luz y el material	Permite el control a distancia de cosas que se encuentran físicamente poco accesibles.	Retardo debido a problemas ambientales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La industria</li> </ul>

Debido a las características, ventajas, desventajas y aplicaciones que presenta los diferentes sensores, se ha seleccionado a los *sensores ultrasónicos* por su capacidad de detectar objetos pequeños, detección de nivel y sobre todo un precio económico y

accesible, para la realización de este proyecto de investigación, entre otro de los sensores más opcionados se encontraba el sensor capacitivo, pero dado el tipo de materiales que es capaz de sensor se lo ha descartado.

Para seleccionar el sensor ultrasónico más idóneo para el sistema de control y monitoreo desarrollado, se realizó la evaluación de distintos sensores ultrasónicos como se observa en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7:** Selección del sensor ultrasónico [52] [53]

Sensor Ultrasónico	Tensión y Corriente	Dimensión	Rango	Resolución	Frecuencia	Angulo de cobertura
HRLV- MaxSonar- EZ1	5 V, 3mA	19.9*21.1*15 mm	0.3 a 5 m	0.01 m	42Hz	<15
DEVANTE CH SRF02	5 V, 4mA	24*20*17 mm	0.16 a 6 m	0.03 m	40Hz	<15
HC-SR04	5 V, 15mA	45*20*15 mm	0.03 a 4 m	0.03 m	40Hz	<15
HC-SR05	5 V, 30mA	45*20*15 mm	0.02 a 4.5 m	0.03 m	40Hz	<15
SRF08	5 V, 15mA	43*20*15 mm	0.03 a 6 m	0.03 m	40Hz	<15

Se ha seleccionado el sensor ultrasónico *HC-SR04* debido a las características que presenta, entre una de las más importantes está el rango que es capaz el dispositivo de sensor, con una capacidad de 30 grados de ángulo de cobertura y dado las dimensiones del contenedor de basura de 1190 mm de ancho y 1760 mm de largo, permitirá determinar el nivel de cualquier tipo de desecho sólido.

De la misma manera este sensor ultrasónico puede ser utilizado tanto a nivel industrial como para la realización del **Prototipo de control y monitoreo**. En caso de utilizar el sensor *HC-SR04* a nivel industrial se debe realizar una programación extra sin la utilización de la librería *Ultrasonic.h*, con el objetivo de aumentar su alcance hasta 4 m. en la figura 4.4 de detalla el proceso que se lleva a cabo.

Para esto se debe tener en cuenta cual es el principio de funcionamiento del sensor para lo cual se realiza los siguientes cálculos. [54]

$$d = v * t \quad \text{Ecuación 1}$$

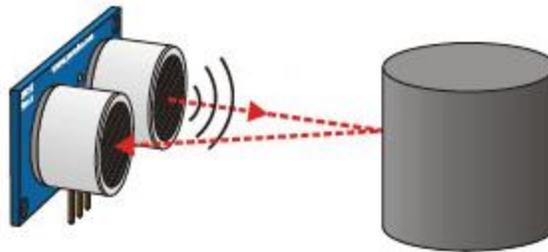
$v$  = velocidad de la luz 343 m/s.

<del>343 m</del>	100 cm	<del>1 s</del>	<b>1 cm</b>
<del>s</del>	<del>1 m</del>	1000000 us	<b>29,2 us</b>

Con base en la ecuación 1, para encontrar la distancia se sustituyen los valores que ya se han transformado en las unidades que se desea, para este caso en **cm/us**.

$$d = \frac{1 \text{ cm} * \text{tiempo}}{29,2 \text{ us}} \quad \text{Ecuación 2}$$

A la ecuación 2 se la divide para dos porque se tiene que tomar en cuenta que la señal es de ida y vuelta como se indica en la figura 4.3.



**Fig. 4.3:** Señal de ida y vuelta con el sensor HC-SR04 [54]

$$d = \frac{1 \text{ cm} * \text{tiempo}}{29,2 \text{ us} * 2} \quad \text{Ecuación 3}$$

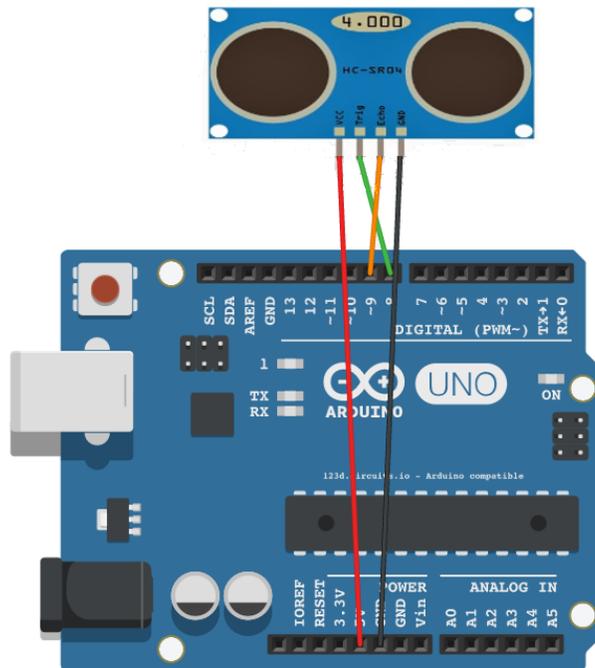
Estos cálculos son utilizados al momento de realizar la programación en Arduino, de tal manera que no sea necesaria la utilización de las librerías que contiene el programa y de esta manera se puede obtener un mayor rango de sensando del HC-SR04.



**Fig. 4.4:** Programación para medir distancia a nivel industrial

**Elaborado por:** Investigador

Mientras que la conexión para el Arduino es la misma que para el *Prototipo de Control y Monitoreo*, en la figura 4.5 de detalla tanto la polarización del sensor a 5V y GND como los pines digitales a los que va a estar conectado.



**Fig. 4.5:** Conexión del sensor de distancia HC-SR04 y Arduino

**Elaborado por:** Investigador

#### 4.5.1.2. Selección del sensor de peso

Para la selección del sensor de peso o también denominadas celdas de carga son elementos que detectan un cambio en sus propiedades físicas por el contacto con un cuerpo y las convierten a una señal eléctrica, neumática etc.

Este tipo de sensores de peso como la celda de compresión, celda de tensión y compresión, celda con viga en forma de S, celda de un solo punto, celda de carga neumática y celda de carga hidráulica, se detallan a continuación en la tabla 4.8, indicando sus diferentes características, ventajas, desventajas y aplicaciones.

**Tabla 4.8:** Sensores de peso a nivel industrial [55]

Sensor de peso	Características	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
<b>Celda de compresión</b>	Miden su compresión mediante un botón de carga mecanizado	Estabilidad a largo plazo	Montaje en una superficie plana	Pesaje de tanques a compresión, tolvas y silos
<b>Celda de tensión y compresión</b>	Capaces de medir la tensión y la compresión de la carga	Proporcionan lecturas de alta precisión	Rango de carga máxima soportada es mínimo en comparación con otros sensores	Monitoreo de fuerzas durante ensamblajes de baja capacidad
<b>Celda con viga en forma de S</b>	Mide la tensión y la compresión de las cargas	Precios bajos	Difícil adquisición	Industria textil, medición de fuerzas en presas, ensacadoras y pesaje de tolvas
<b>Celda de un solo punto</b>	Buen nivel de deformación frente a fuerzas relativamente bajas	Buena linealidad en compresión y tensión		Pesaje de tolvas pequeñas y plataformas
<b>Celda de carga neumática</b>	Consiste en un transmisor de carga	Intrínsecamente seguras No contiene fluidos	Respuesta lenta Requiere de aire limpio y seco	Sistemas de control neumático
<b>Celda carga hidráulica</b>	Utilizan un fluido hidráulico generalmente aceite, para transmitir la fuerza	Respuesta rápida Salida lineal Exactitud de $\pm 0.25\%$	Costosas Uso complejo	Balanzas de plataformas de bajo perfil, pesaje de camiones, tanques y silos
<b>Sensor piezoeléctrico</b>	Consiste en la fuerza aplicada a una sustancia compuesta por cristales polarizados	Extremadamente sensible alto	Alto costo Salida no lineal	Control de procesos industriales de alta precisión

Según el análisis de los diferentes sensores de peso indicados en la tabla 4.9, el más idóneo para la implementación del sistema de acuerdo a las ventajas que presenta entre estas la precisión en los datos obtenidos, precios relativamente bajos y cada una de sus características y aplicaciones como lo es la industria textil, se ha seleccionado la celda con viga en forma de S.

Para elegir la celda de carga con viga en forma de S más idónea para el Sistema de Control y Monitoreo desarrollado, se realizó la evaluación de distintos sensores como se observa en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9:** Selección del sensor de peso a nivel industrial [56]

Celda de carga tipo S	Tecnología	Capacidad nominal (kg)	Capacidad nominal (lb)	Aplicaciones
	Acero inoxidable	50kg-10t	11-9071 Kg	Contenedores, tolvas y medidores de compresión
	Acero inoxidable		226-9071 Kg	Contenedores, tolvas y medidores de compresión
	Acero	25kg-5000kg	113-18143 Kg	Contenedores, tolvas y cintas de pesaje
	Acero inoxidable	0.05-5t	45-453 Kg	Tolvas suspendidas y medidores de fuerza
	Níquel plateado/acero	0.05-5t	0-453 Kg	Tolvas suspendidas y medidores de fuerza
	Acero inoxidable	50-10,000 kg	22-9071 Kg	Celda de carga universal.

De las características presentadas en la tabla 4.9, y luego de un análisis detallado de estas, se seleccionó la celda de carga tipo S, considerando que es el que presenta las mejores características técnicas desde la perspectiva industrial; sin embargo al considerar los costos estimados para el Prototipo de control y monitoreo se optó por otras opciones sin descuidar los parámetros técnicos exigidos en este proyecto, como se muestra en la tabla 4.10.

**Tabla 4.10:** Sensor de peso para el prototipo de control y monitoreo [57] [58] [59] [60]

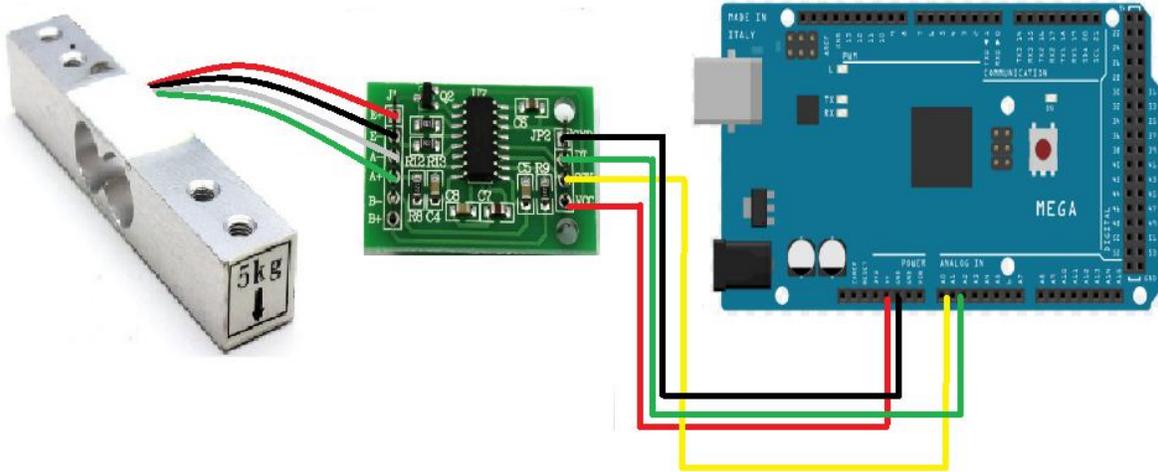
Sensor de presión o fuerza	Ventajas	Desventajas	Sensibilidad	Gama fuerza
SPRK-SEN-10245	-Margen de error mínimo	-Requiere adaptación de señales	1.0+-0.1	40-50 kg
MF01	-Bajo costo -Fácil uso -Variedad de aplicaciones	-Se obtiene rango de respuesta	1.0+-0.1	0-20 lb
SHT-101	-Margen mínimo de error -Alta sensibilidad	-Precio elevado	2+-0.1	20-40 kg
SENSOR DE RESISTENCIA DE 5 KG	-Costo accesible -Alta precisión -Fácil uso	- Requiere adaptación para la adquisición de los datos	1,0 ± 0.15	0-5 Kg

Según el análisis de cada uno de los sensores de la tabla 4.10 y por las ventajas que presenta se seleccionó el sensor de resistencia de 5 kg, entre las que resalta su alta precisión y bajo costo al igual que el rango de peso de 0-5 kg, el cual se ajusta técnicamente a los requerimientos y es más económico.

Para hacer uso de este sensor de peso con Arduino, es necesario hacer uso del transmisor HX711.



La conexión final se indica en la figura 4.7, donde la celda de carga se conecta al módulo HX711 y esta a su vez al Arduino Mega.



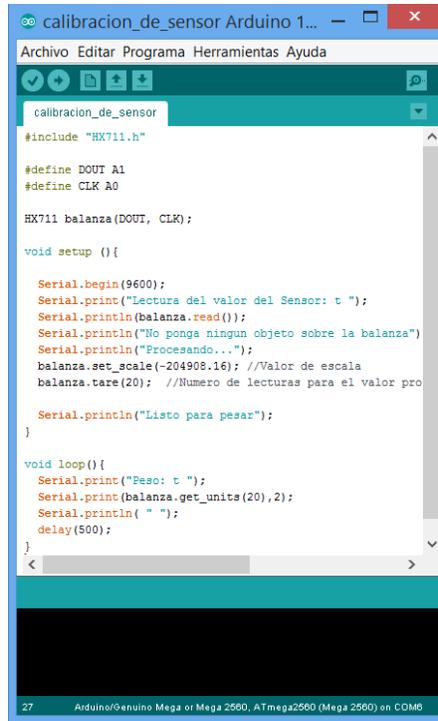
**Fig. 4.7:** Conexión entre la celda de carga, HX711 y Arduino Mega

**Elaborado por:** Investigador, basado en [61]

### **Calibración de la celda de carga**

La calibración de la celda de carga se lo hará primero con el software de Arduino, para esto es necesario la librería para el módulo HX711, una vez descargado se lo importa al IDE de Arduino. [61]

Una vez realizado esto, se realiza un Sketch para observar los datos que se están recibiendo del sensor de peso, como se observa en la figura 4.8, el primer objeto a pesar deberá tener un valor conocido y cercano al peso máximo del sensor, es decir 5 Kg



```
calibracion_de_sensor Arduino 1...
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
calibracion_de_sensor
#include "HX711.h"

#define DOUT A1
#define CLK A0

HX711 balanza(DOUT, CLK);

void setup () {
  Serial.begin(9600);
  Serial.print("Lectura del valor del Sensor: t ");
  Serial.println(balanza.read());
  Serial.println("No ponga ningun objeto sobre la balanza");
  Serial.println("Procesando...");
  balanza.set_scale(-204908.16); //Valor de escala
  balanza.tare(20); //Numero de lecturas para el valor pro

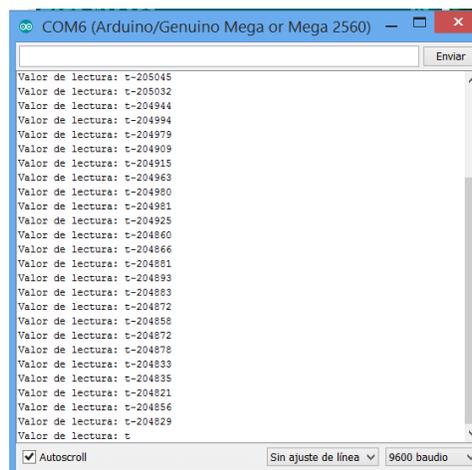
  Serial.println("Listo para pesar");
}

void loop() {
  Serial.print("Peso: t ");
  Serial.print(balanza.get_units(20), 2);
  Serial.println(" ");
  delay(500);
}
}
27 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) on COM6
```

**Fig. 4.8:** Sketch de calibración

**Elaborado por:** Investigador

Con un valor o el promedio de los datos recibidos del sensor de peso, como se indica en la figura 4.9 del Monitor Serie de Arduino, se calcula el valor de la escala que se usara mediante la ecuación 4.



```
COM6 (Arduino/Genuino Mega or Mega 2560)
Enviar
Valor de lectura: t-205045
Valor de lectura: t-205032
Valor de lectura: t-204944
Valor de lectura: t-204994
Valor de lectura: t-204979
Valor de lectura: t-204909
Valor de lectura: t-204915
Valor de lectura: t-204963
Valor de lectura: t-204980
Valor de lectura: t-204981
Valor de lectura: t-204925
Valor de lectura: t-204860
Valor de lectura: t-204866
Valor de lectura: t-204881
Valor de lectura: t-204893
Valor de lectura: t-204883
Valor de lectura: t-204872
Valor de lectura: t-204856
Valor de lectura: t-204872
Valor de lectura: t-204878
Valor de lectura: t-204833
Valor de lectura: t-204835
Valor de lectura: t-204821
Valor de lectura: t-204856
Valor de lectura: t-204829
Valor de lectura: t
 Autoscroll Sin ajuste de línea 9600 baudios
```

**Fig. 4.9:** Monitor Serie de Arduino

**Elaborado por:** Investigador

$$ESCALA = \frac{\text{Valor o promedio recibido}}{\text{Peso Real}} \quad \text{Ecuación 4}$$

El valor el peso real debe estar en las unidades con las que se desea trabajar, ya sea en libras o en kilogramos, para este proyecto de investigación el peso real será 1 Kg, y el resultado de la formula será el que se utilice para la programación del Sketch como se indica en la figura 4.33.

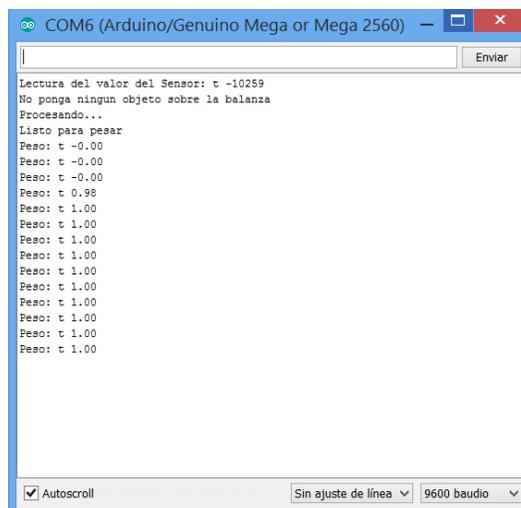
Como resultado de esta calibración se obtendrá, para verificación del investigador el peso del objeto con el cual se esté trabajando, como se indica en la figura 4.10.

$$\text{Promedio} = \frac{-5122704}{25}$$

$$\text{Promedio} = -204908.16$$

$$ESCALA = \frac{-204908.16}{1 \text{ Kg}}$$

$$ESCALA = -204908.16$$



**Fig. 4.10:** Valor real del objeto sentido

**Elaborado por:** Investigador

#### 4.6. Ubicación de los sensores

La ubicación de los sensores tanto de peso como de nivel se hará de acuerdo a los requerimientos de EPM-GIDSA y del proyecto de investigación, como se detallan a continuación.

##### 4.6.1. Ubicación del sensor de nivel

La ubicación del el sensor de nivel, se lo hará de acuerdo al parámetro requerido por EPM-GIDSA y previo análisis del investigador, el requisito más importante es:

- 80% del nivel útil del contenedor de basura.

La ubicación del sensor ultrasónico se lo hará en la parte superior del contenedor de basura como se indica en la figura 4.11 debido al ángulo que tiene el HCSR04, que es  $<15^\circ$  y la distancia que puede alcanzar es de 4 m, teniendo en cuenta el largo total del ecotacho de 1650 mm es ideal para sensar los desechos sólidos.

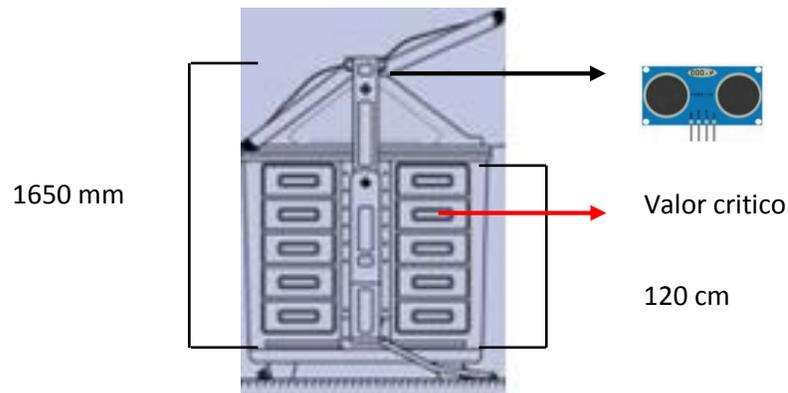


Fig. 4.11: Ubicación del sensor de nivel

Fuente: Investigador

Altura zona útil	Porcentaje
120 cm	100 %
<b>96 cm</b>	80%

Para el desarrollo del Prototipo de Control y Monitoreo de los contenedores de basura se lo hará a escala, de tal manera que cumpla con los requerimientos establecidos por EPM-GIDSA.

<b>Altura prototipo</b>	<b>Porcentaje</b>
12 cm	100 %
<b>9.6 cm</b>	<b>80%</b>

#### **4.6.2. Ubicación del sensor de peso**

La ubicación del sensor de peso no requiere mayor análisis por parte del investigador ya que se lo ubicara en la parte inferior del contenedor de basura junto al transmisor HX711 y este se encontrara listo para realizar la función de sensar el peso de los desechos sólidos que es:

- 400 kg de desechos sólidos a nivel industrial.

<b>Peso máximo</b>	<b>Porcentaje</b>
500 kg	100 %
<b>400 kg</b>	<b>80% parámetro de nivel</b>

Este porcentaje es debido a requerimiento de EPM-GIDSA, por inconvenientes que presenta el vehículo de carga lateral al recoger los desechos sólidos, ya que tiene una capacidad de carga de 500 Kg, superado este valor, el contenedor no puede ser elevado para descargar la basura.

Mientras que el análisis para el prototipo se lo hace, cumpliendo este parámetro pero a una menor escala.

<b>Peso máximo</b>	<b>Porcentaje</b>
5 Kg	100 %
<b>4 Kg</b>	<b>80% parámetro de nivel</b>

De acuerdo al sensor de peso escogido, el sensor de resistencia de 5 Kg, 4 Kg será el 80% de peso máximo que puede estar contenido en el contenedor de basura.

#### 4.7. SELECCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

La selección de las tecnologías inalámbricas se hace de acuerdo a las características que presentan cada una de estas y con base en la información que se desea transmitir, línea de vista y la distancia a la que se encuentra el Mercado Sur de la estación remota, además del presupuesto con el que cuenta el proyecto de investigación a fin que se satisfaga de mejor manera el Proyecto de control y monitoreo para los contenedores de basura, como se muestra en la tabla 4.13.

**Tabla 4.13:** Tecnologías Inalámbricas

COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS			
	WIFI	BLUETOOTH	ZIGBEE
<b>Bandas de frecuencia</b>	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz 868/915 MHz
<b>Tamaño de pila</b>	~ 1 Mb	~ 1 Mb	~ 20 Kb
<b>Tasa de transferencia</b>	11 Mbps	1 Mbps	250 kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) 20 kbps (868 MHz)
<b>Número de canales</b>	11-14	79	16 (2.4 GHz) 10 (915 MHz) 1 (868 MHz)
<b>Tipos de datos</b>	Digital	Digital (Audio)	Digital (Texto)
<b>Rango de nodos internos</b>	100 m	10 m-100 m	10 m-100 m
<b>Dispositivos</b>	32	8	255/65535
<b>Requisitos de alimentación</b>	Media-Hora de batería	Media-Día de batería	Muy baja-Años de batería
<b>Introducción al mercado</b>	Alta	Media	Baja
<b>Arquitecturas</b>	Estrella	Estrella	Estrella, árbol, punto a punto y malla
<b>Aplicaciones</b>	Edificio con internet adentro	Computadoras y teléfonos	Control de bajo costo y monitoreo
<b>Consumo de potencia</b>	400 mA transmitiendo 200 mA en reposo	40 mA transmitiendo 0.2 mA en reposo	30 mA transmitiendo 3 mA en reposo
<b>Precio</b>	Costoso	Accesible	Bajo
<b>Complejidad</b>	Complejo	Complejo	Simple

La tecnología inalámbrica ZIGBEE ha sido seleccionada por sus características y ventajas, sobre todo en las arquitecturas, ya que brinda una amplia gama de topologías como lo son: la topología estrella, árbol, punto a punto y malla y permite un alcance de 10-75 m, esencial para este proyecto de investigación.

#### 4.7.1. Selección de los módulos inalámbricos

Los módulos inalámbricos XBee son soluciones integradas que otorgan un medio inalámbrico para la comunicación entre dispositivos; además como se detalla en la tabla 4.14 los módulos XBEE son de la serie 2, dado la capacidad que tienen para realizar redes mesh.

**Tabla 4.14:** Características de los módulos XBee [62] [63]

XBEE	Alcance	Consumo de energía	Frecuencia	Protocolo	Potencia	Antena	Velocidad de TX
XBEE PRO 63MW WIRE ANTENNA SERIES 2B	1 milla 1.6 Km	3.3 V 295 mA	2.4 GHz	ZigBee Mesh	63mW	Alámbrica	250 Kbps
XBEE PRO 63MW RPSMA SERIES 2B	1 milla 1.6 Km	3.3 V 295 mA	2.4 GHz	ZigBee Mesh	63mW	Cable	250 Kbps
XBEE PRO 50MW	1600 m	3.3 V 295 mA	2.4 GHz	802.15.4	50mW	Interna	250 Kbps
XBEE 2MW	120 m	3.3 V 40 mA	2.4 GHz	ZigBee 802.15.4	2mW	Antena	250 Kbps
XBEE 2MW RPSMA	120 m	3.3 V 40 mA	2.4 GHz	802.15.4	2mW	Antena RPSMA	250 Kbps
XBEE PRO S3B XSC RPSMA	24 Km 9.6 km	3.3 V 295 mA	900 MHz	ZigBee Mesh	63 mW	Externa	250 Kbps

Después del análisis de los módulos XBee y por las características que presenta el XBee PRO S3B XSC RPSMA entre las que resalta el protocolo ZigBee al igual que el alcance de 24 Km con antenas de alta ganancia y 9.6 Km con antena dipolo, ha sido seleccionado para este proyecto de investigación a nivel industrial, mientras que para el **Prototipo de Control y Monitoreo** y debido a la fácil adquisición y costo, se ha seleccionado el XBEE 2mW.

## **XBEE PRO S3B XSC RPSMA**

El XBee PRO S3 XSC RPSMA de Digi permiten crear redes más complejas además de otras ventajas como se detalla a continuación: [63]

- Comandos AT
- 20 veces menos consumo de corriente del módulo XSC anterior
- Pin-compatible con los módulos existentes XBee RF
- Datos RF hasta 20kbps
- Topologías de red multipunto
- 900MHz para la operación de alcance extendido
- Totalmente compatible con otros productos, incluyendo gateways, adaptadores, y extensores
- Huella XBee común para una variedad de módulos de RF
- Interior o zona urbana hasta 600 metros
- En exterior con LOS puede tener un alcance de hasta 15 millas (24km)\* con antena de alta ganancia
- En exterior con LOS puede tener un alcance de hasta 6 millas (9.6km)\* con antena dipolo
- Modos de bajo consumo
- Múltiples opciones de antena
- Calificación industrial de temperatura (-40°C a 85°C).

## **XBEE 2MW**

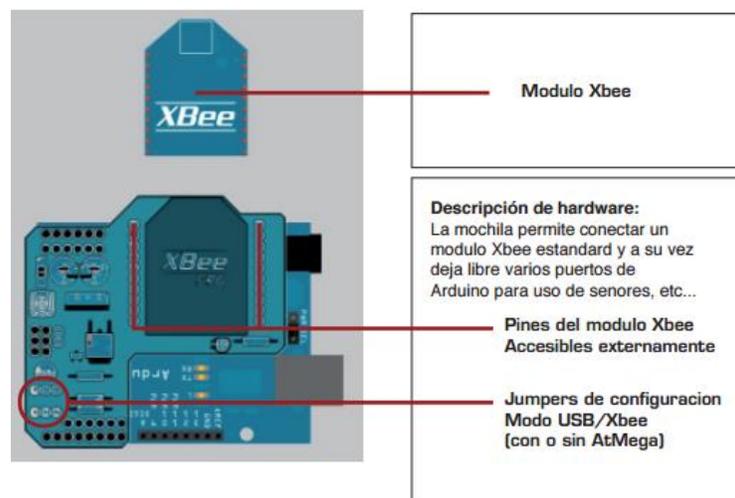
El Xbee 2mW de Digi es de la serie 2 y tiene como principal ventaja crear redes Mesh para mayor seguridad de la red en cuanto a que la información llegue a la estación remota, entre otras que se detallan a continuación: [62]

- 3.3V - 40mA
- Velocidad de datos máxima: 250kbps
- 2mW de salida (+3dBm)
- Rango: 400ft (120m)
- Antena incorporada

- Totalmente certificado FCC
- pines de entrada del ADC de 10 bits
- 8 pines digitales IO
- Conjunto de comandos AT o API

#### 4.7.2 Aspectos básicos del módulo XBEE

La configuración del módulo XBee es relativamente sencilla pero para ello es necesario conocer el esquema para conectar a la placa Arduino mediante la XBee shield, como se indica en la figura 4.12.



**Fig. 4.12:** Conexión Arduino [64]

Cada una de las conexiones y funcionalidades además de pines del módulo XBee como se observa en la figura 4.13 se detalla a continuación: [64]

- XBee se comunica por un puerto serie a 3.3 V
- Puertos de transmisión y recepción
- Antena integrada
- Puertos integrados de entrada y salida digitales y analógicos



Fig. 4.13: Pines del módulo XBee [64]

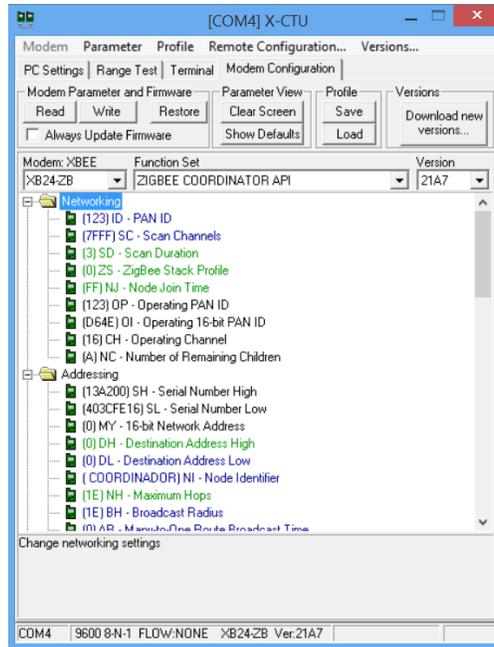
### 4.7.3 Configuración del módulo XBEE

La configuración del módulo XBEE se lo hará mediante el software X-CTU, con el protocolo API, tanto para el coordinador que se encontrara en la estación remota como se indica en la tabla 4.15 y para cada uno de los nodos que permitirán la comunicación inalámbrica; estas configuraciones en las que consta el nombre que se le asigna al nodo, la dirección de origen y dirección destino entre los datos más importantes se detallan en la tabla 4.16 y 4.17.

En la figura 4.14 se observa la configuración del *Coordinador* de la red, el cual el PAN ID es un número arbitrario pero será el mismo para todos los nodos asociados a la red.

Tabla 4.15: Configuración del nodo coordinador

INDICADOR	NOMBRE	VALOR
PAN ID	Nodo identificador	123
OI	Nodo identificador de 16 bit	D64E
CH	Canal de operación	16
NC	Numero de routers posibles	A
SH	Número de serie en alto	13A200
SL	Número de serie en bajo	403CFE16
MY	Dirección de red	0
NI	Identificador del Nodo	COORDINADOR



**Fig. 4.14:** Configuración del Coordinador

**Elaborado por:** Investigador.

Para la configuración del XBee encargado de tomar los valores provenientes de los sensores al igual que el encargado de retransmitir la información, la configuración es algo más compleja, debido a que se debe tomar en cuenta que el PAN ID, OI y CH coincidan, caso contrario el XBee no sabrá a que red pertenece, en la figura 4.15, 4.16 y 4.17 se observa en detalle.

**Tabla 4.16:** Configuración del nodo router para retransmisión

INDICADOR	NOMBRE	VALOR
PAN ID	Nodo identificador	123
JN	Notificación para unirse	1
OI	Nodo identificador de 16 bit	D64E
CH	Canal de operación	16
NC	Numero de routers posibles	C
SH	Número de serie en alto	13A200
SL	Número de serie en bajo	4033A4E3
MY	Dirección de red	FAEC
NI	Identificador del Nodo	ROUTER RETX
BD	Baud Rate	3
D5	Configuración para asociación	1

Para la configuración del nodo ZigBee Router API al igual que para los otros nodos, estos se deben encontrar encendidos y trabajando, de tal manera que puedan detectar al nuevo dispositivo que se desea agregar a la red.

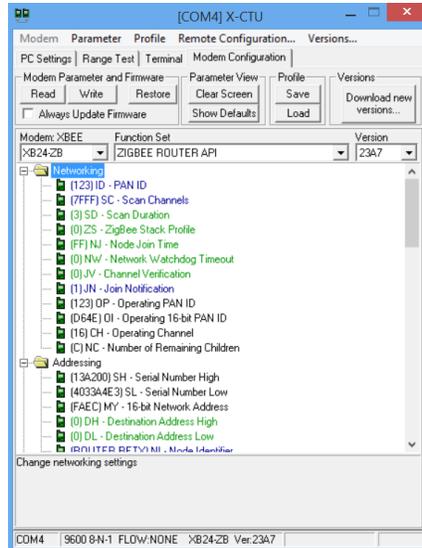


Fig. 4.15: Configuración del Router retransmisor

Elaborado por: Investigador.

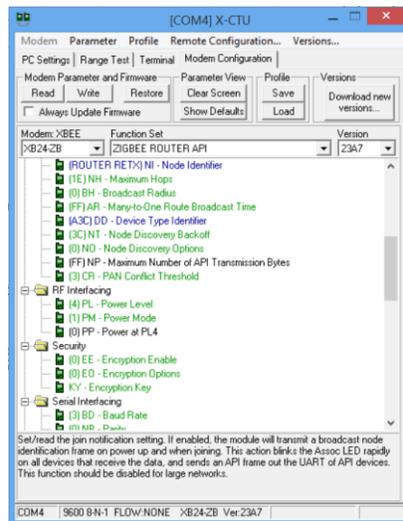
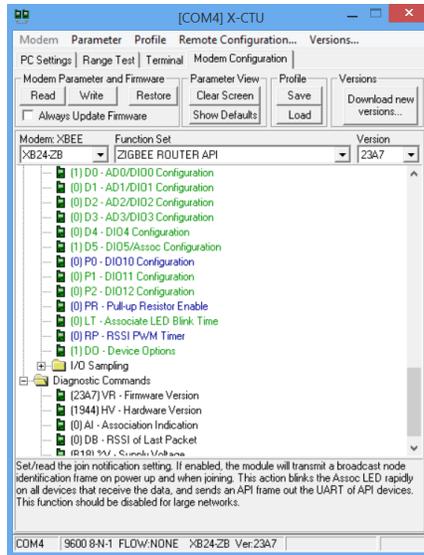


Fig. 4.16: Configuración del Router retransmisor

Elaborado por: Investigador.



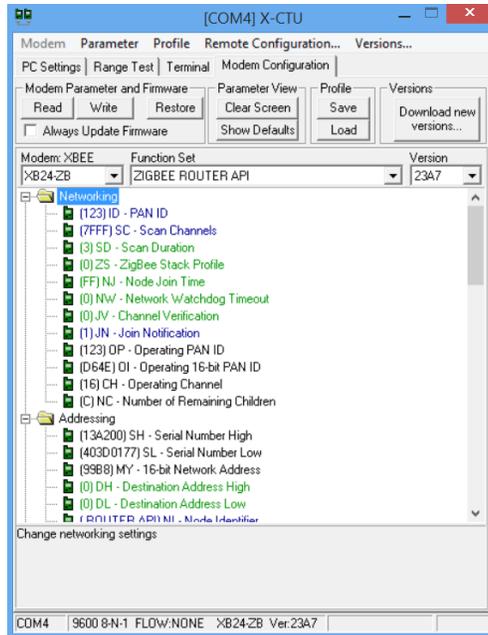
**Fig. 4.17:** Configuración del Router retransmisor

**Elaborado por:** Investigador.

La configuración del otro Xbee Router encargado de tomar los datos provenientes de los sensores es similar a lo realizado anteriormente, en la tabla 4.17 se enumera cada uno de los indicadores con sus respectivos valores, al igual que en la figura 4.18.

**Tabla 4.17:** Configuración del nodo router

INDICADOR	NOMBRE	VALOR
PAN ID	Nodo identificador	123
JN	Notificación para unirse	1
OI	Nodo identificador de 16 bit	D64E
CH	Canal de operación	16
NC	Numero de routers posibles	C
SH	Número de serie en alto	13A200
SL	Número de serie en bajo	403D0177
MY	Dirección de red	99B8
NI	Identificador del Nodo	ROUTER API
BD	Baud Rate	3
D5	Configuración para asociación	1



**Fig. 4.18:** Configuración del Router

**Elaborado por:** Investigador.

Una vez realizada las configuraciones en la pestaña *Modem Configuration*, se procederá a establecer la trama necesaria para el envío de la información desde los sensores hacia el coordinador de la red y en caso de existir algún problema con la distancia o debido a los obstáculos, los datos serán enviados por el router retransmisor.

En la figura 4.19, se observa la trama para el envío de la información, la cual consta de 26 bytes, en los cuales se detalla lo siguiente:

- Bit 0 tiene el encabezado de la trama
- Bit 1 y 2 número de bits a transmitir
- Bit 3 tipo de trama
- Bit 4 identificador de trama.
- Bit 5 al 12 es la dirección de destino, en este caso es en cero ya que va dirigida hacia el coordinador
- Bit 13 y 14 se ubica la dirección de red
- Bit 15 permite establecer el número de saltos hasta encontrar la ruta adecuada.
- Bit 16 se tiene las opciones de transmisión
- Bit 17 al 24, están reservados para los datos a enviar

- Bit 25 se ubica el checksum.

Frame fields	Offset	Example	Description
Start delimiter	0	0x7E	
Length	MSB 1	0x00	Number of bytes between the length and the checksum.
	LSB 2	0x16	
Frame-specific data	Frame type	3	0x10
	Frame ID	4	0x01

Frame fields	Offset	Example	Description	
64-bit destination address	MSB 5	0x00	Set to the 64-bit address of the destination device. The following addresses are also supported: 0x0000000000000000 – Reserved 64-bit address for the coordinator. 0x000000000000FFFF – Broadcast address.	
	6	0x13		
	7	0xA2		
	8	0x00		
	9	0x40		
	10	0x0A		
	11	0x01		
16-bit destination network address	MSB 13	0xFF	Set to the 16-bit address of the destination device, if known. Set to 0xFFFE if the address is unknown, or if sending a broadcast.	
	LSB 14	0xFE		
Broadcast radius	15	0x00	Sets maximum number of hops a broadcast transmission can take. If set to 0, the broadcast radius will be set to the maximum hops value.	
Options	16	0x00	Bit field of supported transmission options. Supported values include: 0x01 – Disable ACK 0x20 – Enable APS encryption (if EE=1) 0x40 – Use the extended transmission timeout for this destination Enabling APS encryption decreases the maximum number of RF payload bytes by 4 (below the value reported by NP). Setting the extended timeout bit causes the stack to set the extended transmission timeout for the destination address. All unused and unsupported bits must be set to 0.	
			17	0x54
			18	0x78
			19	0x44
			20	0x61
			21	0x74
			22	0x61
RF data	23	0x30	Data that is sent to the destination device.	
	24	0x41		
	25	0x13		
Checksum	25	0x13	0xFF – the 8-bit sum of bytes from offset 3 to this byte.	

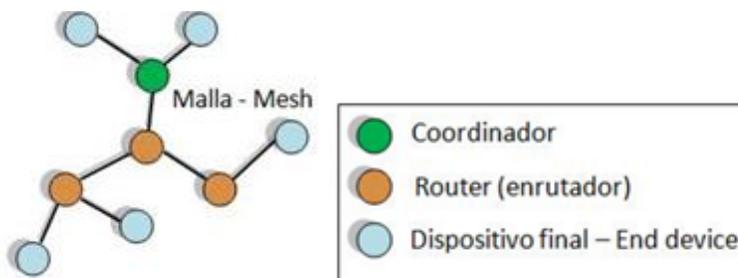
Fig. 4.19: Trama para la recepción de datos [65]



**Tabla 4.18:** Cuadro comparativo de las topologías de red [66] [67]

TOPOLOGIA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COSTO	CARACTERISTICAS
<b>Bus</b>	Económico debido a que se usa un cable Permite eliminar o agregar nodos sin afectar a la red	Si un nodo se daña toda la red cae	Económico	Red cuyos nodos comparten la misma información, ocasionando redundancia
<b>Árbol</b>	Permite expansión de la red. Cableado punto a punto	Ocasiona embotellamientos de la información Si el ordenador principal falla la red colapsa.	Costosa	Combina características de la topología BUS con la estrella, además permite el crecimiento de la red
<b>Estrella</b>	El mantenimiento es fácil El aislamiento y recuperación de información es sencillo	Difícil de instalar El tiempo de respuesta estará dado en base al número de nodos que se tenga	Económico	Las comunicaciones irán directamente conectadas a un punto central, mientras que los dispositivos no están conectados unos con otros.
<b>Anillo</b>	Fácil mantenimiento Permite agregar más repetidores	Los datos se transfieren en un solo sentido. Si un nodo falla toda la red colapsa.	Económica	La topología anillo conecta a los equipos en un círculo de cable.
<b>Malla</b>	Inmune a los problemas de embotellamiento y avería Alcanza grandes distancias	Difícil configuración.	Costo muy elevado	En esta topología cada nodo se interconecta entre si

Debido a la distancia que es de 6.28 Km entre el Mercado Sur y la estación remota, que estará ubicada en las instalaciones de EPM-GIDSA, vía Picaihua, la topología MESH es la idónea para este sistema de Control y Monitoreo, ya que permite acceder a un punto remoto mediante módulos intermedios, como se indica en la figura 4.21; además de evitar pérdidas de información.



**Fig. 4.21:** Topología Mesh [68]

#### 4.8.1 Enrutamiento de Redes Mesh

##### Algoritmo de enrutamiento AODV.

Ad Hoc Distance Vector o AODV es un algoritmo de enrutamiento para redes mesh, cuando se desea tener más de un punto de acceso a fin de evitar interferencia y disponer de mayor ancho de banda para transmitir la información

Una de las características principales de AODV es la utilización de las tablas de enrutamiento en cada nodo. Cada destino de tabla utiliza un número de secuencia y temporizador, esto permite distinguir la información nueva de la antigua y sirve para evitar la información redundante.

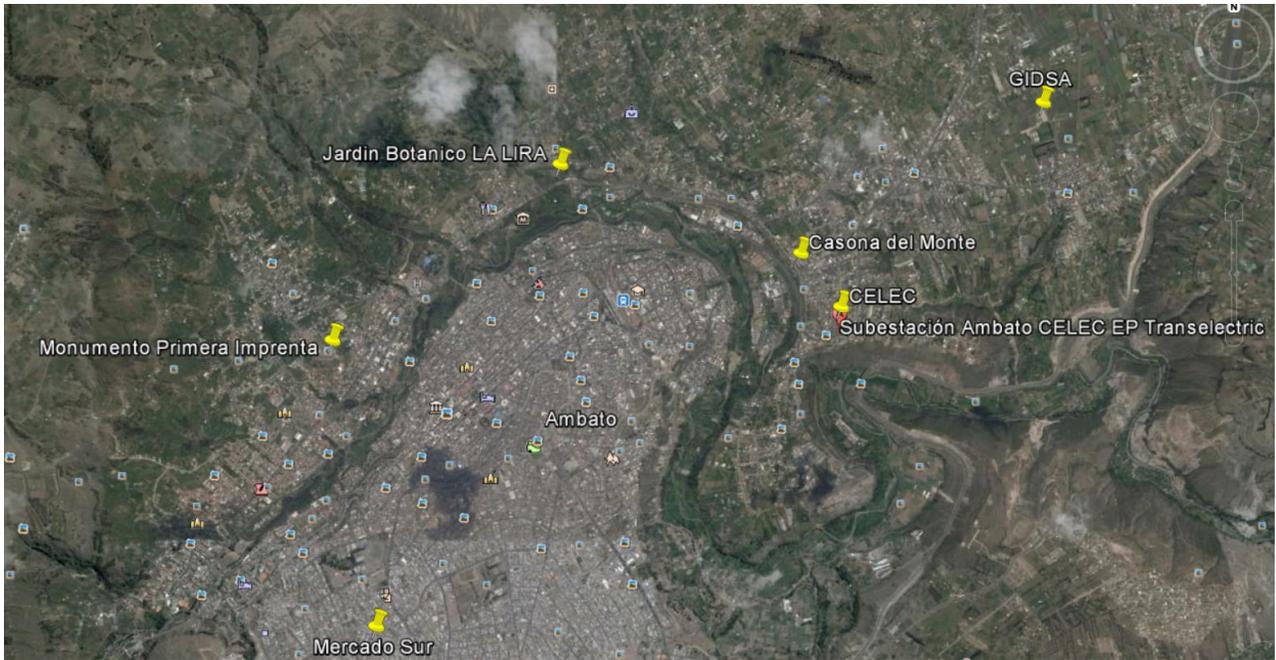
El algoritmo AODV no tiene rutas ya definidas, estas se van descubriendo según sea necesario para la transmisión de la información, ya sea por la caída de un nodo o la desactivación del mismo.

AODV es capaz de proveer transmisión de tres tipos:

- **Unicast:** La transmisión unicast envía información de un nodo a otro.
- **Multicast:** La transmisión multicast tiene como objetivo enviarla información de un nodo a un grupo de nodos.
- **Broadcast:** La transmisión broadcast consiste en enviar información a todos los nodos de la red. [69]

#### 4.9. RUTA PARA LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA MERCADO SUR-EPM-GIDSA

La ruta para la comunicación inalámbrica como se indica en la figura 4.22 entre los contenedores del Mercado Sur y la estación remota localizada en la Parroquia Izamba César Augusto Salazar y José Cobo, se ha seleccionado de tal manera que la comunicación entre cada router no supere los 9,6 Km de distancia, debido a que este es el valor máximo que cada módulo XBee de tener entre sí para evitar pérdidas de información, en caso de la caída de un nodo.



**Fig. 4.22:** Ubicación de los router, Google Earth

**Elaborado por:** Investigador.

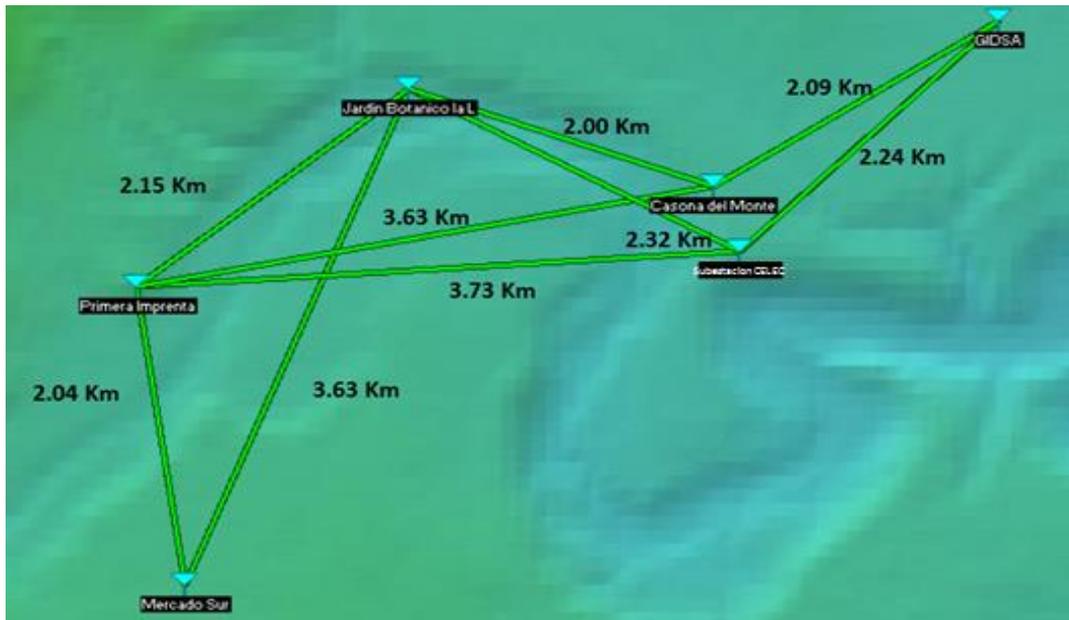
En la tabla 4.19 se detalla cada punto con su dirección exacta para mejor ubicación tanto para el personal de EPM-GIDSA como para el investigador; además la distancia entre cada router al igual que su latitud y longitud se indica en la figura 4.23 hasta llegar a la estación remota en EPM-GIDSA y de igual manera en la tabla 4.20 con los diferentes enlaces, necesarios para establecer la red mesh.

**Tabla 4.19:** Dirección exacta de la ubicación de cada nodo

NODO				DIRECCION
Mercado Sur				Barcelona y Sta. Cruz de Tenerife
Monumento a la Primera Imprenta				Raimundo Salazar
Jardín Botánico la Lira				Dr. Rodrigo Pachano Lalama y El Carrizo
La Casona del Monte				Encarnación y Nasau
Subestación Transelectric	Ambato	CELEC	EP	Baquisimeto y Huancayo
EPM-GIDSA				Cesar Augusto Salazar y José Luis Cobo

**Tabla 4.20:** Distancia entre cada router

LUGARES			DISTANCIA	
LATITUD	LONGITUD	NODOS		
-1,256550	-78,63423	Mercado Sur	Jardín Botánico la Lira	3.63 Km
			Monumento a la Primera Imprenta	2.04 Km
-1,238381	-78,63694	Monumento a la Primera Imprenta	Jardín Botánico la Lira	2.15 Km
			La Casona del Monte	3.63 Km
			Subestación Ambato CELEC EP Transelectric	3.73 Km
-1,226344	-78,62182	Jardín Botánico la Lira	La Casona del Monte	2.00 Km
			Subestación Ambato CELEC EP Transelectric	2.32 Km
-1,232261	-78,60486	La Casona del Monte	EPM-GIDSA	2.09 Km
-1,236217	-78,60346	Subestación Ambato CELEC EP Transelectric		2.24 Km
-1,22218	-78,58899	EPM-GIDSA		



**Fig. 4.23:** Ubicación de los router, Radio Mobile

**Elaborado por:** Investigador.

Las distancias entre cada router no debe superar los 9,6 ya que es la distancia máxima que soporta el XBee PRO S3B XSC RPSMA.

#### 4.9.1 Línea de vista de los nodos para la comunicación inalámbrica

Para tener una correcta comunicación inalámbrica debe existir línea de vista entre cada nodo, de tal manera que el envío de la información no se vea interrumpida por alguna obstrucción física; en la figura 4.24, 4.25 y 4.26 se observa el jardín botánico de la Lira, el Monumento a la Primera Imprenta, CELEC y la Casona del Monte, sin ninguna obstáculo para la comunicación entre estos nodos.



**Fig. 4.24:** Línea de vista de los nodos del jardín Botánico la Lira, Monumento a la Primera Imprenta desde la Casona del Monte

**Elaborado por:** Investigador.



**Fig. 4.25:** Línea de vista del nodo de CELEC desde la Casona del Monte

**Elaborado por:** Investigador.



**Fig. 4.26:** Línea de vista del nodo de CELEC desde el jardín Botánico la Lira

**Elaborado por:** Investigador.

#### **4.9.2 Cálculos de la primera zona de Fresnel**

Los cálculos de Fresnel permiten conocer la altura  $r$  de la primera zona o al menos que el 80% de  $r$  se encuentre sin obstáculos, a fin de evitar inconvenientes en la comunicación inalámbrica.

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{D}{4f}}$$

A continuación se muestran los cálculos realizados en cada uno de los nodos, a fin de conocer si la comunicación inalámbrica es exitosa; donde  $D$  es la distancia entre cada nodo y  $F$  es la frecuencia de trabajo.

# 1. Mercado Sur-Monumento a la Primera Imprenta

D=2.04 Km

F=2.4 GHz

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.04 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2125}$$

$$r = 7.98 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
7.98 m	100 %
<b>6.38 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 6.38 m de altura con respecto al suelo, como se observa en la figura 4.27.

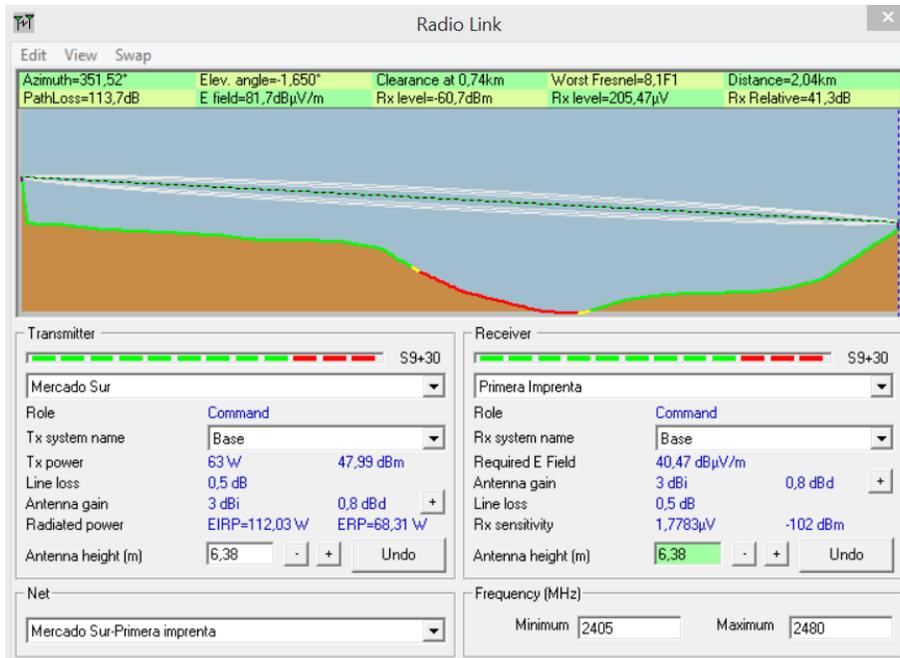


Fig. 4.27: Altura para la ubicación de las antenas Mercado Sur-Monumento a la Primera Imprenta

Elaborado por: Investigador

## 2. Mercado Sur-Jardín Botánico la Lira

D=3.63 Km

F=2.4 GHz

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{3.63 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.3781}$$

$$r = 10.65 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
10.65 m	100 %
<b>8.52 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 8.52 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.28.

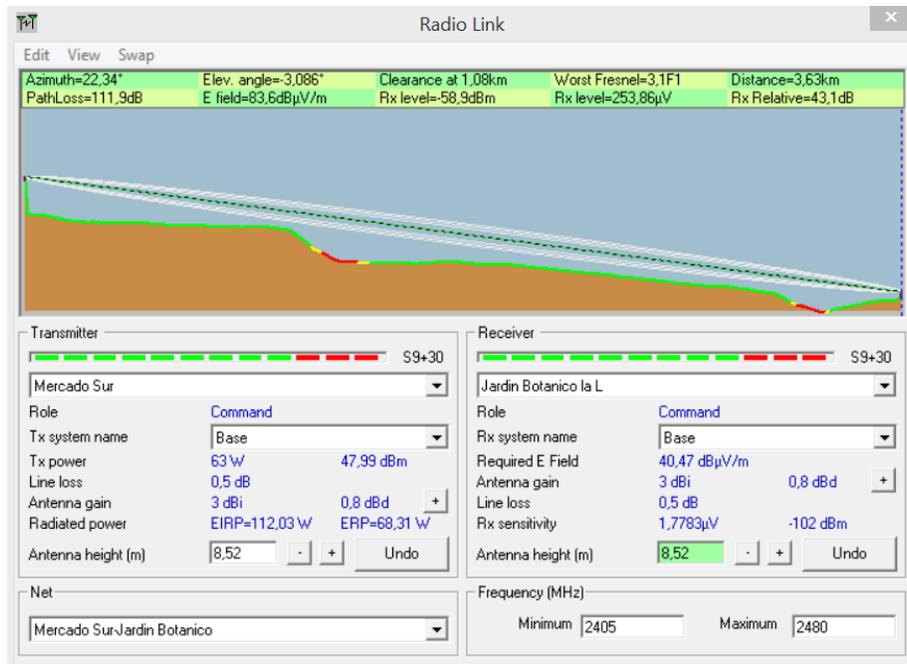


Fig. 4.28: Altura para la ubicación de las antenas Mercado Sur-Jardín Botánico la Lira

Elaborado por: Investigador

### 3. Monumento a la Primera Imprenta-Jardín Botánico la Lira

D=2.15 Km

F=2.4 GHz

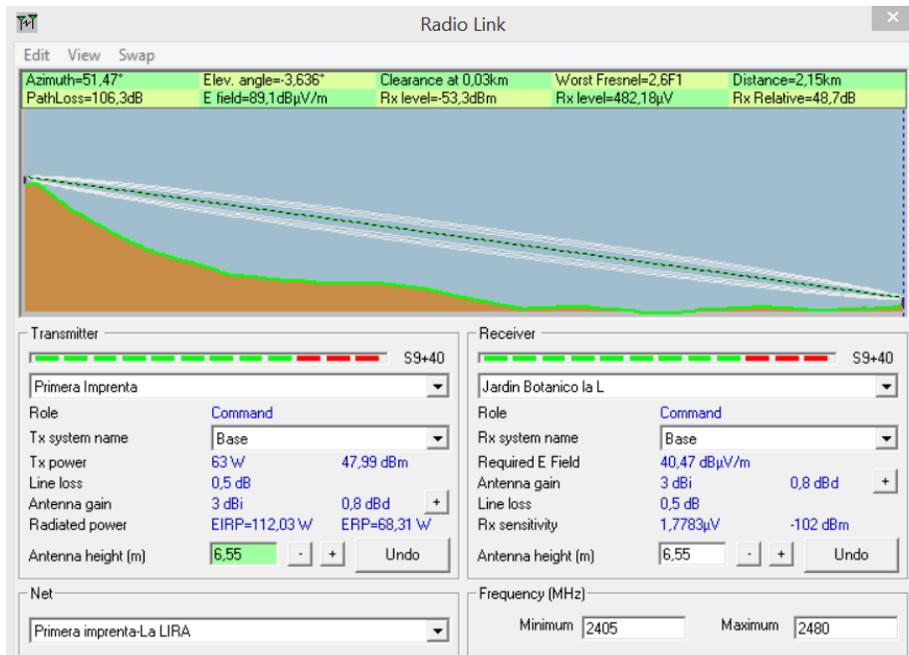
$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.15 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2239}$$

$$r = 8.19 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
8.19 m	100 %
<b>6.55 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 6.55 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.29.



**Fig. 4.29:** Altura para la ubicación de las antenas del Monumento a la Primera Imprenta-Jardín Botánico la Lira

Elaborado por: Investigador

#### 4. Monumento a la Primera Imprenta-la Casona del Monte

D=3.63 Km

F=2.4 GHz

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{3.63 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.3781}$$

$$r = 10.65 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
10.65 m	100 %
<b>8.52 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 8.52 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.30.

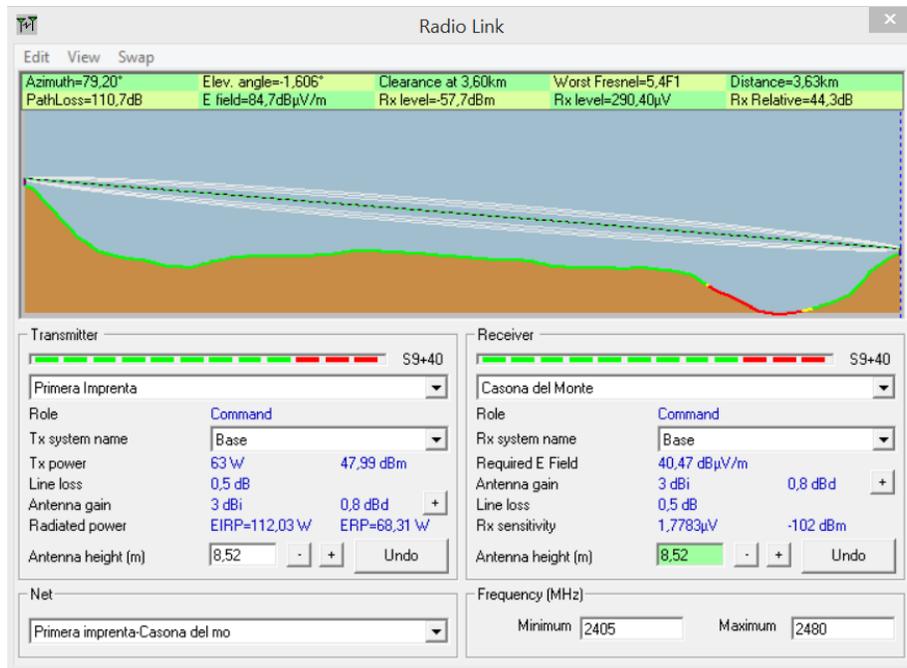


Fig. 4.30: Altura para la ubicación de las antenas del Monumento a la Primera Imprenta-Casona del Monte

Elaborado por: Investigador

## 5. Monumento a la Primera Imprenta-Subestación Ambato CELEC EP

D=3.73 Km

F=2.4 GHz

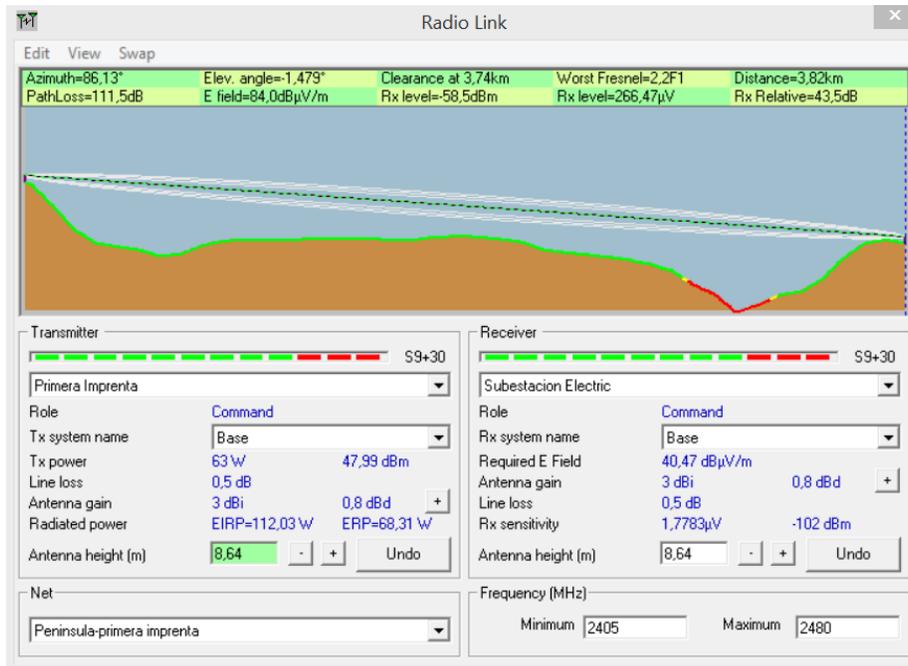
$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{3.73 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.3885}$$

$$r = 10.79 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
10.79 m	100 %
<b>8.64 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 8.64 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.31.



**Fig. 4.31:** Altura para la ubicación de las antenas del Monumento a la Primera Imprenta-Subestación CELEC EP Transelectric.

**Elaborado por:** Investigador

## 6. Jardín Botánico la Lira-Casona del Monte

D=2.00 Km

F=2.4 GHz

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.00 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2083}$$

$$r = 7.90 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
7.9 m	100 %
<b>6.32 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 6.32 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.32.

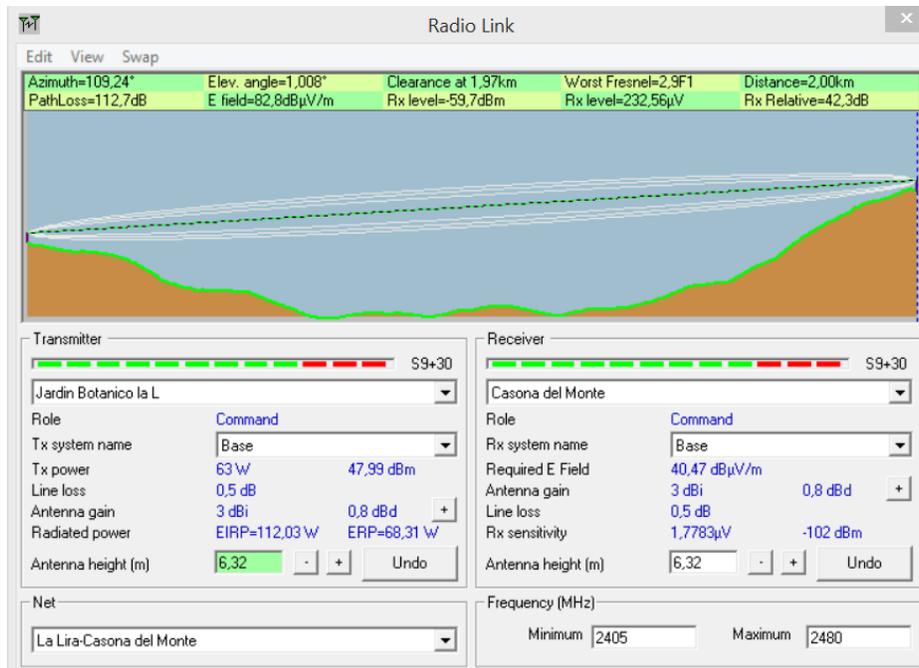


Fig. 4.32: Altura para la ubicación de las antenas del Jardín Botánico la Lira-Casona del Monte

Elaborado por: Investigador

## 7. Jardín Botánico la Lira-Subestación Ambato CELEC EP Transelectric.

**D=2.32 Km**

**F=2.4 GHz**

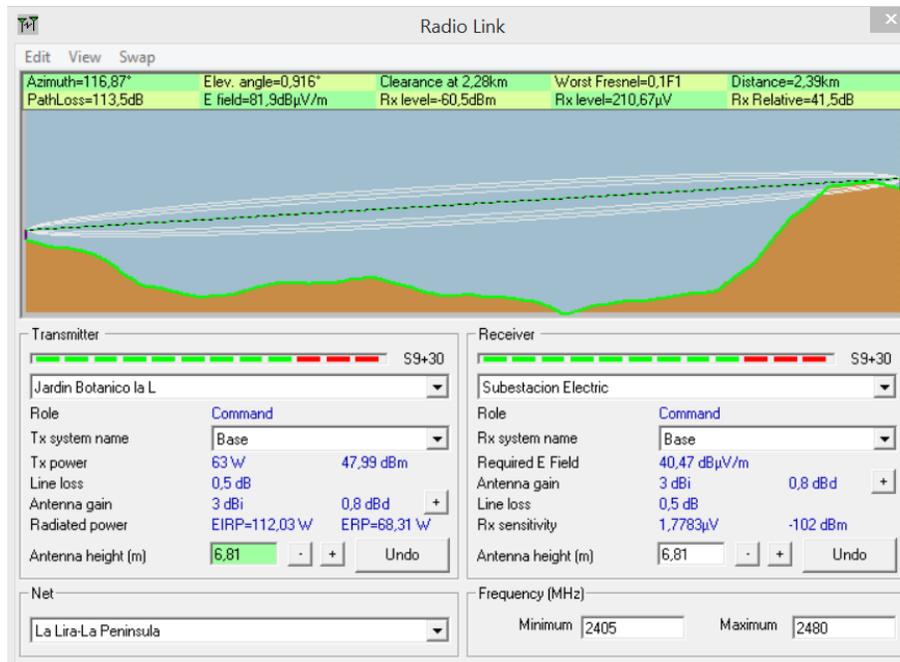
$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.32 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2416}$$

$$r = 8.51 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
8.51 m	100 %
<b>6.81 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a *6.81 m* de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.33.



**Fig. 4.33:** Altura para la ubicación de las antenas del Jardín Botánico la Lira-Subestación Ambato CELEC EP Transelectric.

**Elaborado por:** Investigador

## 8. La Casona del Monte-EPM-GIDSA.

**D=2.09 Km**

**F=2.4 GHz**

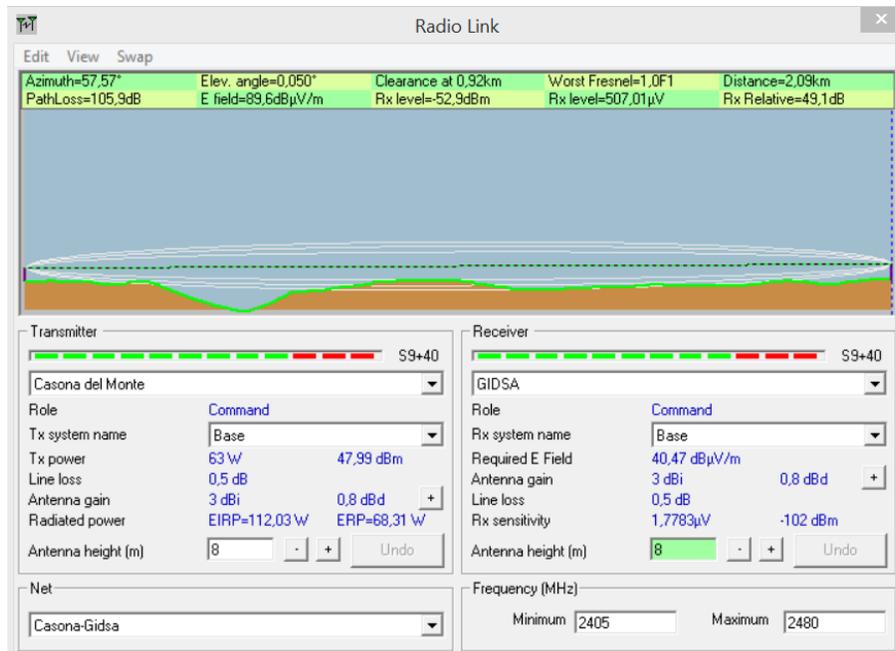
$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.09 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2177}$$

$$r = 8.08 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
8.08 m	100 %
<b>6.46 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a **6.46 m** de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.34.



**Fig. 4.34:** Altura para la ubicación de las antenas de la Casona del Monte-EPM-GIDSA

**Elaborado por:** Investigador

### 9. Subestación Ambato CELEC EP Transelectric-EPM-GIDSA.

D=2.24 Km

F=2.4 GHz

$$r = 17.32 \sqrt[2]{\frac{2.24 \text{ Km}}{4 * 2.4 \text{ GHz}}}$$

$$r = 17.32 \sqrt[2]{0.2333}$$

$$r = 8.36 \text{ m}$$

Radio	Porcentaje
8.36 m	100 %
<b>6.69 m</b>	<b>80%</b>

Las antenas tienen que estar ubicadas al menos a 6.69 m de altura con respecto al suelo, como se indica en la figura 4.35.

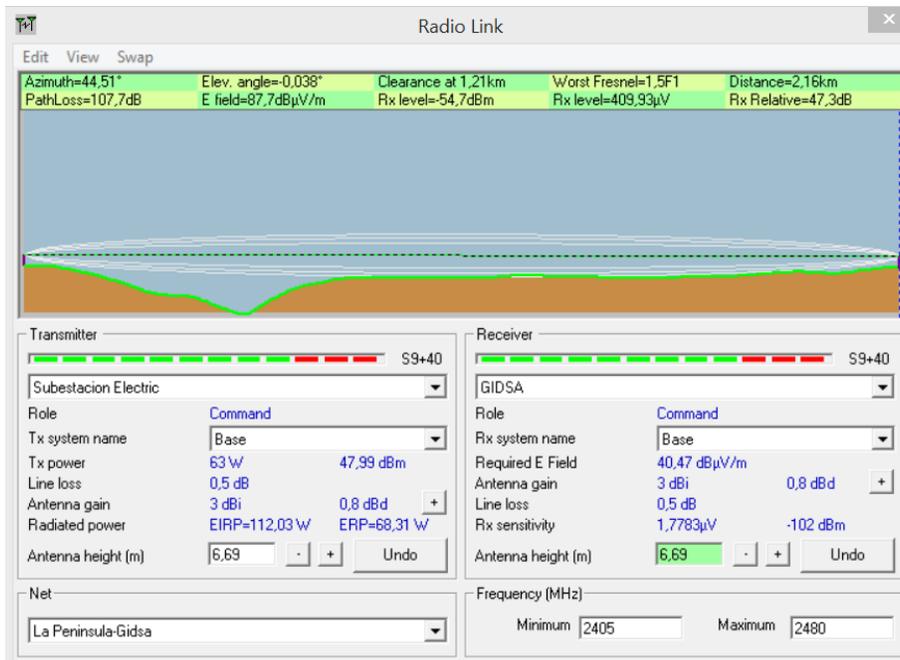
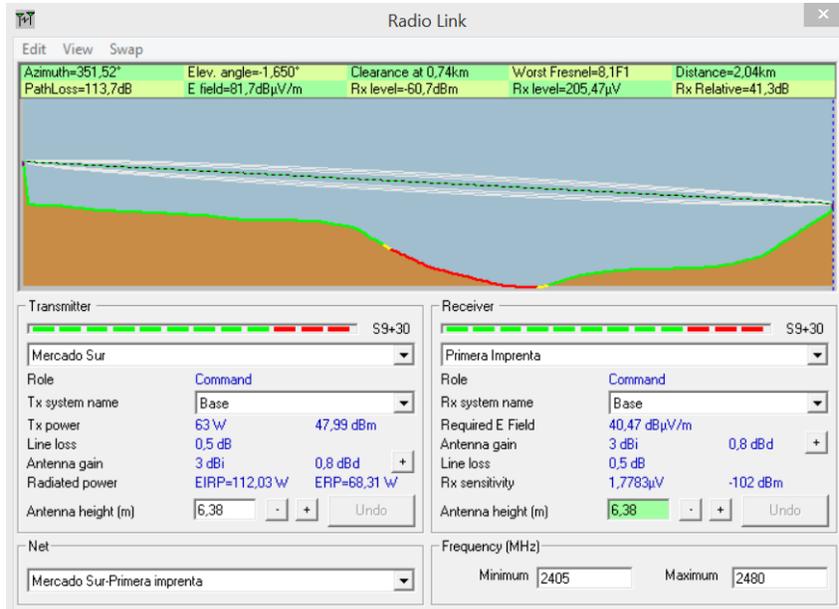


Fig. 4.35: Altura para la ubicación de las antenas de la Subestación Ambato CELEC EP Transelectric

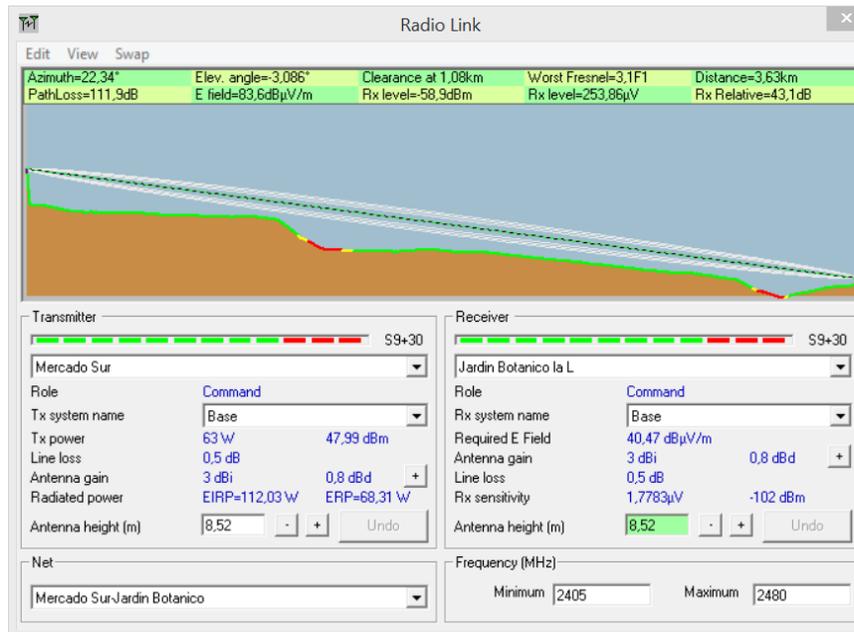
Elaborado por: Investigador.

En caso de que un nodo se caiga, otro está disponible para sustituirlo debido a su ubicación estratégica para que cumpla con este requerimiento y que la red siga funcionando como se indica en la figura 4.36 y 4.37.



**Fig. 4.36:** Línea de vista entre Mercado Sur y el nodo más cercado

**Elaborado por:** Investigador.



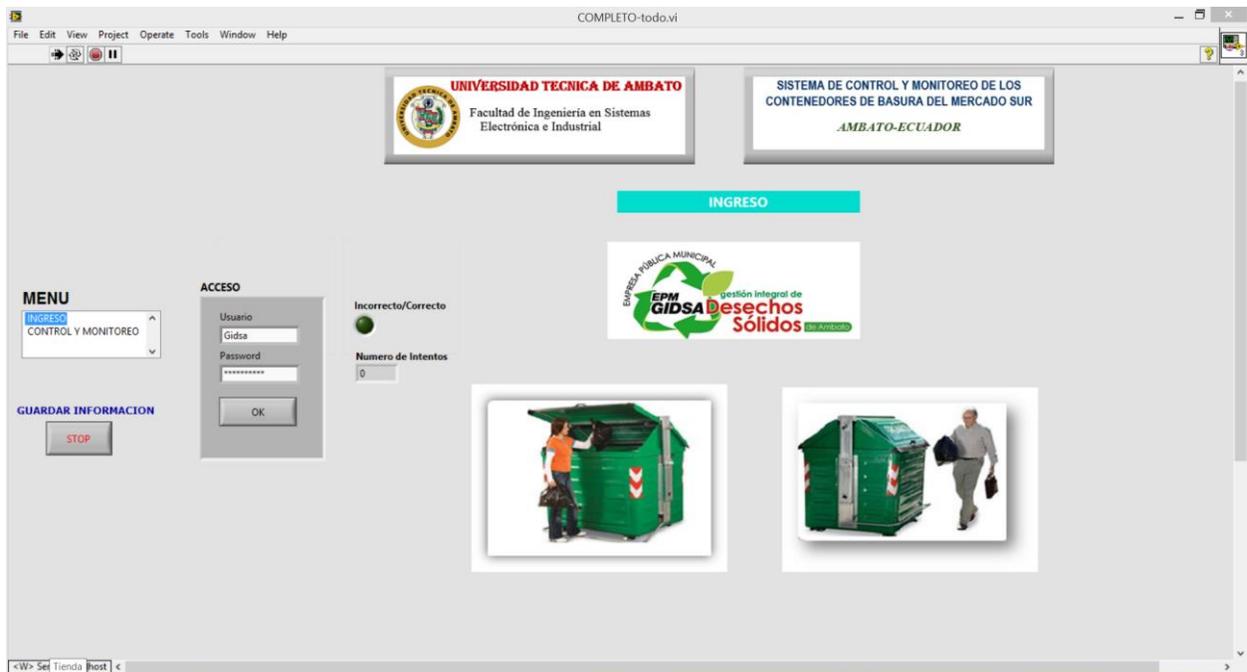
**Fig. 4.37:** Simulación de la caída del nodo de la Primera Imprenta

**Elaborado por:** Investigador.

## 4.10. ESTACIÓN REMOTA PARA EL CONTROL Y MONITOREO

La estación remota permite recoger los datos provenientes de los dispositivos finales o de campo, de tal manera que dicha información pueda ser analizada para la toma de decisiones.

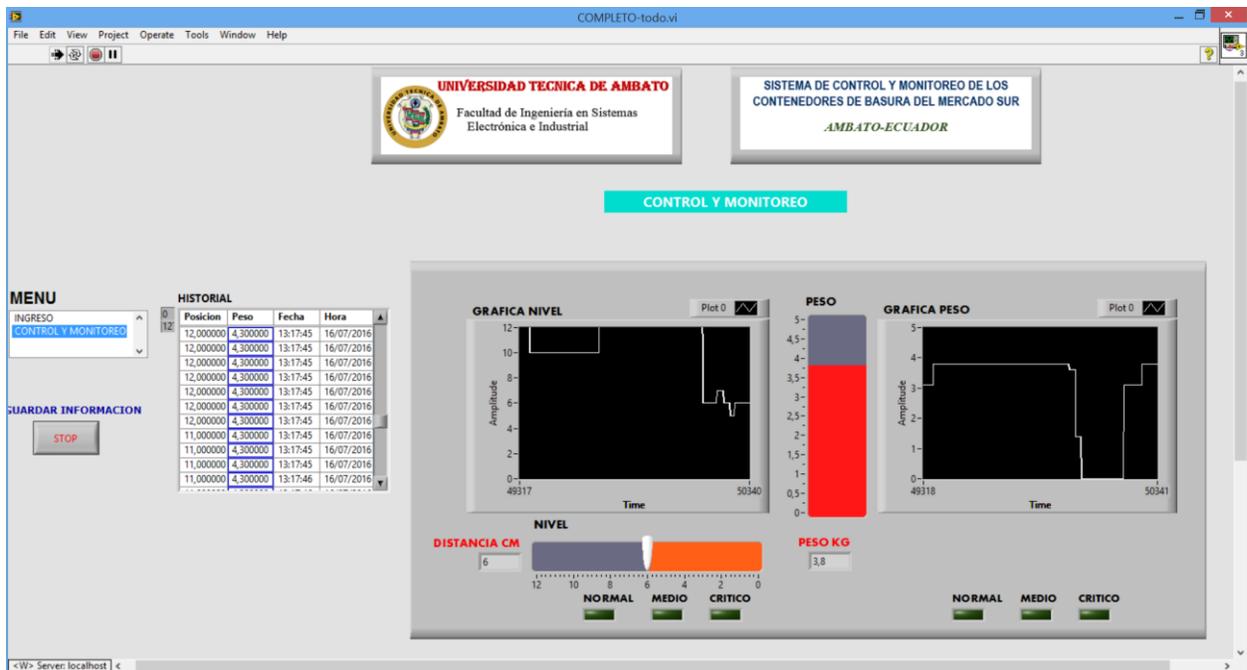
Para este proyecto de investigación la estación remota contara con un software realizado en LabView, el cual toma los datos del sensor de peso y distancia colocados en cada uno de los ecotachos del Mercado Sur. Este software cuenta con un panel frontal con una ventana de acceso como se observa en la figura 4.38.



**Fig. 4.38:** Panel frontal.

**Elaborado por:** Investigador.

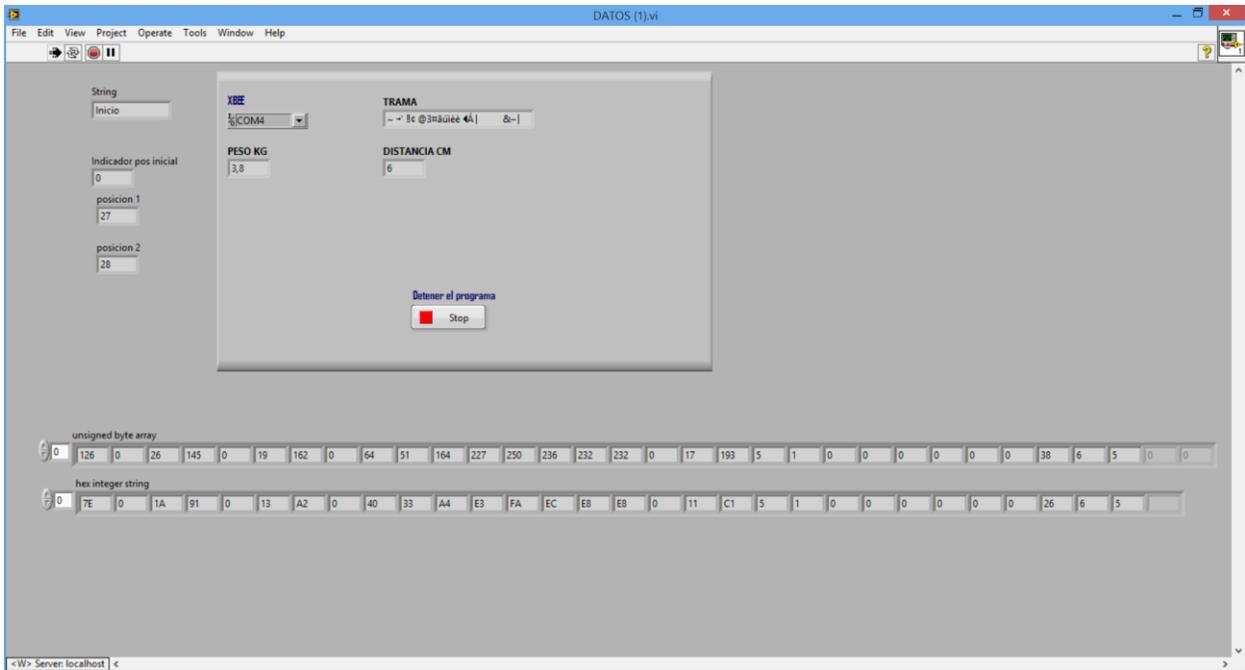
Una vez colocados y verificados el *Login* y *Password*, se comienza a tomar los datos de los sensores, para lo que cuenta con la ventana de control como se indica en la figura 4.39.



**Fig. 4.39:** Control de datos.

**Elaborado por:** Investigador.

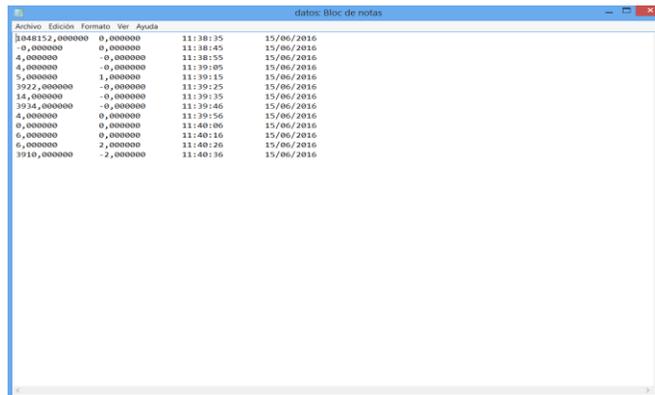
Este VI para el control datos recibe la información mediante otro VI, en donde se selecciona el puerto serial y es el encargado de recibir la trama proveniente de los sensores, es decir del transmisor. En este programa la información llega en código ASCII y es transformado a hexadecimal y decimal para una mejor comprensión, esto se observa en la figura 4.40.



**Fig. 4.40:** Recepción de la trama

**Elaborado por:** Investigador.

Toda esta información es respaldada con fecha y hora mediante un documento imprimible como se muestra en la figura 4.41.



**Fig. 4.41:** Información de los sensores

**Elaborado por:** Investigador.

## 4.11. ANÁLISIS DE COSTOS

El presente proyecto de investigación tiene los siguientes costos de acuerdo a los parámetros que se detallan en la tabla 4.21 y 4.22.

**Tabla 4.21:** Costos para el desarrollo del Prototipo de Control y Monitoreo

Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>Red Inalámbrica</b>				
3	XBee 2mW	c/u	55.00	165.00
1	XBee explorer USB	c/u	25.00	25.00
1	XBee Shield	c/u	17.00	17.00
1	Batería 9 V	c/u	2.50	2.50
1	Placa Xbee Explorer regulada	c/u	10.00	10.00
<b>Envío de datos</b>				
1	Arduino Mega 2560	c/u	22.00	22.00
1	Sensor ultrasónico HC-R04	c/u	10.00	10.00
1	Celda de carga de 5 Kg	c/u	20.00	20.00
1	Estructura para celda de carga	c/u	15.00	15.00
1	Componentes electrónicos	Kit	10.00	10.00
<b>Programación de la Estación Remota</b>				
220	Mano de obra	horas	4.40	968.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1264.50</b>

Elaborado por: Investigador

**Tabla 4.22:** Costos para el desarrollo del Proyecto de Control y Monitoreo a nivel Industrial

Cantidad	Descripción	Unidad	Valor Unidad	Valor Total
<b>Red Inalámbrica</b>				
6	XBee PRO S3B XSC RPSMA	c/u	67.00	402.00
1	XBee explorer USB	c/u	25.00	25.00
1	XBee Shield	c/u	17.00	17.00
5	Batería 9 V	c/u	2.50	12.50
4	Placa Xbee Explorer regulada	c/u	10.00	40.00
<b>Envío de datos</b>				
1	Arduino Mega 2560	c/u	22.00	22.00
1	Sensor ultrasónico HC-R04	c/u	10.00	10.00
1	Celda de carga tipo S oZ	c/u	20.00	450.00
1	Componentes electrónicos	Kit	40.00	40.00
<b>Programación de la Estación Remota</b>				
220	Mano de obra	Horas	4.40	968.00
			<b>TOTAL</b>	<b>1986.50</b>

Elaborado por: Investigador

A continuación en la tabla 4.23 se detallan los gastos que requiere el vehículo de carga lateral para realizar la recolección de los desechos sólidos en el sector del Mercado Sur en el cantón Ambato.

**Tabla 4.23:** Costos generales del vehículo de carga lateral #29 [70]

<b>EMPRESA PUBLICA MUNICIPAL DE GESTION INTEGRAL DE DESECHOS SOLIDOS DEL CANTON AMBATO</b>				
<b>Cantidad</b>	<b>Detalle</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor total</b>
4	Llantas 11r22.5 con moñones tipo mixta hanksugi	Unidad	449.00	1796.00
1	Filtro de aceite a 0001801709 hu 945/2x pel 2002 ccl	Unidad	11.88	11.88
1	Filtro de combustible a 0000901551 pu1046 x pec3022 ccl	Unidad	9.44	9.44
1	Acople g25720-6-12 fdh x 20 mm ccl # 29 ALM	Unidad	4.04	4.04
3.25	Capsula r-2 3/8 ccl # 29 ALM	Unidad	2.80	2.80
1	Salvavida prensable 3/8 ccl # 29	Unidad	2.24	2.24
2	Prensada ccl # 29 ALM	Unidad	3.36	6.72
4	Manguera 100 r-2 3/8 alflex ccl # 29 ALM	Metros	9.80	39.20
1	Soldada ccl # 29 ALM	Unidad	3.36	3.36
2	Terminal palanca mercedes benz ALM	Unidad	12.80	25.60
4	Zapatas mb 185 ccl	Unidad	24.64	98.56
4	Resorte posteriores zop ccl	Unidad	5.60	22.40
8	Caucho ring zop zapatas ccl	Unidad	1.68	13.44
1	Alternador 24 v actros 2647 ccl	Unidad	315.17	315.17
3	Tornillos con tuerca 4 x 80 ALM	Unidad	0.23	0.69
2	Pernos 3/8 x 1 acero inoxidable con tuerca ALM	Unidad	0.56	1.12
			<b>TOTAL</b>	<b>556.66</b>

**Elaborado por:** Investigador

El mantenimiento del vehículo de carga lateral # 29 se lo realiza cada 3 meses con un montón aproximado de \$ 556.66, es decir \$ 185.55 mensualmente.

Mientras que el cambio de llantas del vehículo de carga lateral # 29 se lo realiza una vez por año con un monto de \$ 1796.

**Tabla 4.24:** Costos generales del vehículo de carga lateral #29 [70]

Cantidad	Detalle	Unidad de medida	Valor Unitario	Valor total
8.25	Aceite de motor tecton sae 15w40	Galon	16.09	132.72
0.50	Aceite hidraulico tqd 55 glns	Galon	16.60	8.30
16	Aceite hyspin aws -68 55 glns	Galon	14.66	234.56
			<b>TOTAL</b>	<b>375.58/45 días</b>
				<b>250.39/30 días</b>

**Elaborado por:** Investigador

Los cambios de aceite del vehículo se lo realizan cada 5000 km, aproximadamente cada mes y medio, con un monto de \$ 250.39 dólares como se indica en la tabla 4.24.

A continuación en la tabla 4.25 se indica el salario que percibe el conductor del vehículo de carga lateral # 29 con base a los días y horas que labora.

**Tabla 4.25:** Salario que percibe el conductor del vehículo de carga lateral # 29

Días	Valor por hora	Número de horas	Montón total
Lunes	3.51	4	14.04
Miércoles	3.51	4	14.04
Viernes	3.51	4	14.04
Sábado	4.68	4	18.72
<b>TOTAL</b>			<b>60.84</b>

**Elaborado por:** Investigador

El conductor del vehículo de carga lateral percibe un sueldo por semana de \$ 60.84, es decir mensualmente \$ 243.36 dólares a este valor se le sumara los beneficios de ley dando un montón total de \$ 360.80 dólares.

Mensualmente EPM-GIDSA mantiene los siguientes gastos, que son necesarios para realizar la recolección de los desechos sólidos.

Llantas	\$ 149.67 30 días
Mantenimiento	\$ 185.55 30 días
Cambios de aceite	\$ 250.39 30 días
Conductor del vehículo	\$ 360.80 30 días
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 946.41</b>

A continuación en la tabla 4.26.3 se realiza un estimado de los montos a reducirse debido a la implementación del Sistema de Control y Monitoreo,

**Tabla 4.26:** Reducción de costos por la implementación del Sistema de Control y Monitoreo

Items	Detalle	Costo
Llantas	Cambio cada 18 meses	\$ 74.84
Mantenimiento	Reparación cada 45 días	\$ 139.16
Cambios de aceite	Cambio cada 2 meses	\$ 187.79
Conductor del vehículo	Reducción de 1 hora en el recorrido	\$ 299.96
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 701.75</b>

Elaborado por: Investigador

EPM-GIDSA tendrá un ahorro de \$ 244.66 dólares en la recolección de los desechos sólidos y mediante un análisis se puede estimar que con base al costo del Sistema de Control y Monitoreo para los contenedores de basura del Mercado Sur en el cantón Ambato, de \$ 1986.50 dólares, el periodo para la recuperación de la inversión es aproximadamente de 8 meses y 11 días.

#### 4.12. CONCLUSIONES TÉCNICAS

- La estación de Control Monitoreo contará con un programa realizado en LabView el cual posee indicadores de peso y distancia para graficar los datos recibidos mediante una trama enviada por el nodo transmisor, dichos datos se encontraran en código ASCII y para su interpretación se los transformara a hexadecimal.
- Para la realización de una red inalámbrica tipo Mesh con dispositivos XBee S2 trabando en Modo API no se puede superar la velocidad de 9600 baudios debido a que se pierde la comunicación en la red. Este problema se da por el tipo de cristal con en el que trabaja, el XBee S2 de 8 MHz.
- Cuando un nuevo nodo se agrega a la red esta envía una señal mediante un indicador led que se encuentra integrado tanto en la placa shield, explorer usb y regulador XBee, el cual se enciende cuatro veces por segundo si se trata de un nodo *router* y si se trata de un nodo *coordinador* el led se enciende una vez por cada segundo.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- La implementación del Sistema de Control y Monitoreo para los contenedores de basura del Mercado Sur en la ciudad de Ambato genera eficiencia en la recolección de basura ya que permite conocer el estado de los ecotachos impidiendo que los desechos se encuentren a la intemperie ocasionando una mala imagen y descontento en los moradores y ciudadanos en general; además permite una reducción de recursos económicos ya que solo se enviarán los vehículos de carga lateral a las zonas que realmente lo necesiten de acuerdo a lo que indique la estación remota.
- Con base en los requerimientos de la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Ambato, los sensores que se requieren para obtener los datos de los desechos sólidos provenientes de los ecotachos son: los sensores de peso y nivel, dado las variables que se desea sensor y son necesarias para que el operador haga un análisis del estado del ecotacho y envíe oportunamente los vehículos de carga lateral.
- El diseño del Prototipo de control y monitoreo permite obtener la información de una manera eficaz y exacta, dada la ubicación estratégica de los sensores en el ecotacho y de la misma manera evitando que estos puedan sufrir algún tipo de daño debido a las adversidades atmosféricas.
- Mediante la interfaz HMI con el sistema realizado en el software LabView, facilita y sirve de manera intuitiva al operario analizar los datos de peso y nivel que se visualizan en los indicadores, además de mantener seguridad en la información al poder tener un historial de llenado del ecotacho.

## 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a los técnicos que se mantenga una base de datos tangible de la información que genera el ecotacho ubicado en el Mercado Sur, de tal manera que en un futuro EPM-GIDSA pueda tener un control más eficiente de los vehículos de carga lateral al momento de realizar sus rutas de recolección de basura.
- La configuración de los XBee S2 para la comunicación inalámbrica deben tener los valores en baudios entre 1200, 2400, 4800 y 9600 cuando se trabaja en Modo API, en los otros modos de trabajo la configuración de los baudios pueden superar los valores antes mencionados hasta 230400 que es el máximo valor posible que permite el programa X-CTU.
- Un nodo router en una red puede tener hasta 12 *end devices* y un nodo coordinador hasta 10 *router*, esta configuración viene por defecto por esto se recomienda a los técnicos de EPM-GIDSA, no excederse este número de dispositivos tanto para routers como end devices ya que la red no reconocerá a los nuevos XBee agregados a la misma, por ende la comunicación y envío de información no será viable por estos dispositivos
- El proyecto realizado en el programa LabView tiene VIs que trabajan en conjunto, por eso se recomienda al personal de EPM-GIDSA encargado de la estación remota, que estos subprogramas deben encontrarse sincronizados en cuanto a tiempos de trabajos para evitar un desfase en la trama que se recibe.

## REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial, Lineamientos para Evaluación Ambiental de los Proyectos Energéticos e Industriales. Ciudad de México, 2011 Volumen III, pp. 25-30.
- [2] Diario El País. (2012, Abril). Los latinoamericanos generan casi un kilo diario de residuos. [En línea]. Disponible en: <http://blogs.elpais.com/eco-americano/2012/09/los-latinoamericanos-generan-cada-vez-m%C3%A1s-residuos-casi-un-kilo-diario.html>
- [3] Diario El Universal. (2013, Enero). Enfermedades que causa la basura acumulada en las calles [En línea]. Disponible en: <http://www.eluniversal.com/caracas/130504/enfermedades-que-causa-la-basura-acumulada-en-las-calles>
- [4] El sitio que mejora tus hábitos de vida. (2014, Julio). Basura causa graves problemas de salud. [En línea]. Disponible en: <http://bienestar.salud180.com/salud-dia-dia/basura-causa-graves-problemas-de-salud>
- [5] P. Arias y M. Seilles. (2014). Información Ambiental en hogares, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC. [En línea]. Disponible en: [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares\\_2014/Documento\\_tecnico\\_Modulo\\_Ambiental\\_Hogares\\_2014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Documento_tecnico_Modulo_Ambiental_Hogares_2014.pdf)
- [6] La Hora. (2005). La contaminación riega a Tungurahua. [En línea]. Disponible en: [http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1000347623/1/La\\_contaminaci%C3%B3n\\_riega\\_a\\_Tungurahua.html#.ViWRivIVhBc](http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1000347623/1/La_contaminaci%C3%B3n_riega_a_Tungurahua.html#.ViWRivIVhBc)
- [7] C. A. Jácome, "Diseño e Implementación de un prototipo de red inalámbrica tipo MESH, para el monitoreo y control de riegos en una amplia gama de sectores y cultivos (agrícola o florícola) del cantón Pujilí,

barrio Danzapamba” M.S. Tesis, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.

- [8] Elaboración de una red inalámbrica MESH para brindar un mejor servicio de intercomunicación entre computadoras, Universidad Técnica de Cotopaxi, [Online]. Disponible en: [http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1655/1/T-UTC- 1529%281%29.pdf](http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1655/1/T-UTC-1529%281%29.pdf)
- [9] F. Blanco y D. M. Ruiz, “Formulación de una metodología para Diseñar e Implementar redes MESH como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales; Proyecto de Apoyo; Construcción de un esquema tecnológico para Protocolos de enrutamiento en redes MESH”. Ph.D. disertación, Congreso iberoamericano de ciencia, tecnología, innovación y educación, Buenos Aires, Argentina, 2006.
- [10] L. E. Chico, “Sistema inalámbrico para control y monitoreo de la planta de tratamiento de agua potable del Cantón Baños”. MS. Tesis. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [11] G. D. Ruiz, “Sistema de control y monitoreo para mejorar los procesos de administración de los laboratorios de las Carreras de Sistemas, Electrónica e Industrial en la FISEI-UTA”. MS. Tesis. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [12] J. B. Trujano. (2006). Métodos y rutas de recolección. [En línea]. Disponible en: <https://www.scribd.com/doc/25403707/METODOS-DE-RECOLECCION>
- [13] EcologiaHoy. Contenedores de basura. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecologiahoy.com/contenedores-de-basura>
- [14] ECUACERO. (2016). Contenedores de basura. [En línea]. Disponible en: <http://ecuacero.com/productos/contenedores-de-basura/>
- [15] Themac. (2015). Contenedores Metálicos. [Online]. Disponible en: <http://www.themac.cc/pr.php>

- [16] F. Alvarado. (2015). Introducción a los sistemas de control. [En línea]. Disponible en: [http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1\\_trasp.pdf](http://www.isa.cie.uva.es/~felipe/docencia/ra12itielec/tema1_trasp.pdf)
- [17] R. Ramírez. (2012). Sistemas de Control. [En línea]. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lmt/ramirez\\_r\\_o/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/ramirez_r_o/capitulo2.pdf)
- [18] Corporación Centroamericana de Servicios de Navegación Aérea. (2015). Sistemas de Control y Monitoreo. [En línea]. Disponible en: <http://www.cocesna.org/pagina.php?id=180&lng=0>
- [19] G. Vásquez. Sensores, Características estáticas y dinámicas. [En línea]. Disponible en: <http://artemisa.unicauca.edu.co/~gavasquez/res/Sensores.pdf>
- [20] V. R. Pérez. (2010). Clasificación de los sensores. [En línea]. Disponible en: [https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwi91pfYksnJAhWDcj4KHbynDAoQFggoMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.dsplace.uce.edu.ec%2Fbitstream%2F25000%2F4327%2F1%2FT-UCE-0011174.pdf&usg=AFQjCNEoSCZVbl\\_Y0Mhnml2JNkhJQ567BA&cad=rja](https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwi91pfYksnJAhWDcj4KHbynDAoQFggoMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.dsplace.uce.edu.ec%2Fbitstream%2F25000%2F4327%2F1%2FT-UCE-0011174.pdf&usg=AFQjCNEoSCZVbl_Y0Mhnml2JNkhJQ567BA&cad=rja)
- [21] Termocuplas. Termocupla con termopozo cerámico para altas temperaturas. [En línea]. Productos. Disponible en: <http://www.termocuplas.com.co/web/product/termocupla-con-termopozo-ceramico-alta-alumina-para-elevadas-temperaturas/>
- [22] Centronic. Sensor de temperatura TEMP36 para arduino. [En línea]. Disponible en: <http://www.cetronic.es/sqlcommerce/disenos/plantilla1/seccion/producto/DetalleProducto.jsp?%20idIdioma=&idTienda=93&codProducto=888304007&cPath=1343>
- [23] Microbots. Sensor mecánico. [En línea]. Disponible en: <http://microbots.mx.tripod.com/mecanicos.htm>
- [24] Pesaje Agropecuario. Celdas de carga, Grupo de Identificación Pesaje y Control (Grupo IP). [En línea]. Disponible en: <http://www.pesaje-agropecuario.com.mx/celdas-de-carga.html>

- [25] METROMexico. Estándares inalámbricos. [En línea]. Disponible en:  
[http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion\\_tecnica/estandares\\_in\\_alambricos.php](http://www.metrologicmexico.com/contenido1/informacion_tecnica/estandares_in_alambricos.php)
- [26] S. Pereira. (2011). Zigbee. [En línea]. Disponible en:  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11879/fichero/PFC+Sergio+Pereira+Ruiz+%252F4++Zigbee.pdf>
- [27] G. Manuel. (2015). Todo sobre ZigBee, la tecnología ultrabarata de comunicación inalámbrica. [En línea]. Disponible en:  
<http://www.elandroidelibre.com/2015/08/todo-sobre-zigbee-la-tecnologia-ultrabarata-para-comunicacion-inalambrica.html>
- [28] Techmake Electronics. (2008-2011). ECDN.SPARKFUN, XBee & XBee-PRO ZB ZigBee Ebedded RF Module Family for OEMs Datasheet [En línea]. Disponible en:  
<http://www.techmake.com/00079.html>
- [29] M. Gómez. (2014). Código, Tips y Programas Varios, Arduino y el XBee Series Modo API. [En línea]. Disponible en:  
<http://fuenteabierta.teubi.co/2014/03/arduino-y-el-xbee-series-1-modo-api.html>.
- [30] Digi®. (2009). XBee®/XBee-PRO® RF Modules datasheet. [En línea]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>.
- [31] A. N. Oliva. Redes de área local. Redes de Comunicaciones Industriales. Ed. UINED. Madrid, 2013, pp. 80-84
- [32] UM.es. (2009). Informática. Telecomunicaciones. Estándares de comunicaciones inalámbricas, [En línea]. Disponible en:  
<http://www.um.es/docencia/barzana/DIVULGACION/INFORMATICA/Redes-inalambricas.html>
- [33] JuniHH+Blog. (2007). MacOS, software Mac, tecnología, Ventajas y desventajas de Bluetooth. [En línea]. Disponible en:  
<https://junihh.wordpress.com/2007/06/02/ventajas-y-desventajas-de-bluetooth/>

- [34] EcuRed. (2016). General Packet Radio Service. [En línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/GPRS>
- [35] A. Guzmán (2015). Ventajas y Desventajas del RFID. [En línea]. Disponible en: <http://anita315.blogspot.com/2005/10/ventajas-y-desventajas-del-rfid.html>
- [36] ASTERION. (2009). Las Zonas Fresnel y el alcance de los equipos de radio frecuencia. [En línea]. Disponible en: <http://asterion.almadark.com/2008/11/30/las-zonas-fresnel-y-el-alcance-de-los-equipos-de-radio-frecuencia/>
- [37] F. Coloma. (2010). Xentron, Zona de información tecnológica, Estudio de la Zona de Fresnel las Comunicaciones InalámbricaS. [En línea]. Disponible en: <http://xentron.blogspot.com/2010/12/estudio-de-la-zona-fresnel-en-las.html>
- [38] AutorDesconocido. Human Machine Interface - What is Human Machine Interface, WisGEEK community. [En línea]. Disponible en: <http://www.wisegeek.com/what-is-human-machine-interface.htm>
- [39] A. Milagro. "Diseño de la interfaz gráfica web en función de los dispositivos móviles". Maestría en Diseño. Facultad de Diseño y Comunicación. Universidad de Palermo, Buenos Aires, Agosto de 2009.
- [40] L. Arenas, A. Castilla y D. Rojas, Interfaz Hombre Máquina. [En línea]. Disponible en: <http://docslide.us/documents/interfaz-hombre-maquina-hmi.html>
- [41] IACI. (2010). Introducción a HMI (Interfaz Hombre máquina). [En línea]. Disponible en: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>
- [42] ESI2.us. (2012). Tutorial de LabView, Componentes de LabView. [En línea]. Disponible en: <http://www.esi2.us.es/~asun/LCPC06/TutorialLabview.pdf>
- [43] DIGI. (2016). XCTU Next Generation Configuration Platform for XBee/RF Solutions. [En línea]. Disponible en: <http://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu>

- [44] C. A. Jácome, “Diseño e Implementación de un prototipo de red inalámbrica tipo MESH, para el monitoreo y control de riegos en una amplia gama de sectores y cultivos (agrícola o florícola) del cantón Pujilí, barrio Danzapamba” M.S. Tesis. Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2013.
- [45] ESLARED. (2012). The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics ICTP, Radio Mobile. [En línea]. Disponible en: [http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio\\_Mobile-es-v1.2.pdf](http://www.eslared.org.ve/walc2012/material/track1/08-Radio_Mobile-es-v1.2.pdf)
- [46] R. Coudé. (2006). Radio Mobile. [En línea]. Disponible en: <http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidades/RadioMobile/leeme>
- [47] eldiario.es . Hardware libre, tecnología y sociedad en red. [En línea]. Disponible en: [http://www.eldiario.es/turing/Hardware-Libre\\_0\\_139986451.html](http://www.eldiario.es/turing/Hardware-Libre_0_139986451.html)
- [48] ARDUINO. (2013). “Arduino Uno”. [En línea]. Disponible en: <http://arduino.cc/>
- [49] P. Arteaga. (2015). Manual de Operaciones de la Empresa Pública Municipal de Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Ambato.
- [50] Themac. Contenedores Metálicos. Modelo CMR. [En línea]. Disponible en: [http://www.themac.cc/img/contenedor\\_cmr.pdf](http://www.themac.cc/img/contenedor_cmr.pdf)
- [51] A. E. Vargas. “Sistema embebido de movilización y posicionamiento para personas no videntes mediante hardware libre”. MS Tesis. Facultad de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones. Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [52] Sparkfun. (2013). “Productos”, [En línea]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/>
- [53] M. J. Avilés y G. A. Caviedes. “Implementación del sistema de dosificación y control de pesaje dinámico para empaquetamiento de comestibles sólidos”. MS Tesis. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica Escuela. Politécnica Nacional. Quito, Junio 2011.

- [54] L. Llamas. (2015). Medir distancia con Arduino sensor ultrasónico HC-SR04 (2015). [En línea]. Disponible: <http://www.luisllamas.es/2015/06/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>
- [55] OMEGA. (2003-2016). Célula de carga. [En línea]. Disponible en: <http://es.omega.com/prodinfo/celulas-de-carga.html>
- [56] INGELSOFT. (2015). Celdas tipo-S. [En línea]. Disponible en: <http://www.ingelsoft.com/celdasstypes.html>
- [57] Sparkfun. (2016). Load Sensor-50kg, Características técnicas. [En línea]. Disponible en: <https://www.sparkfun.com/products/10245>
- [58] C. Nares. (2015). HETPRO/TUTORIALES, Sensor de Fuerza o Presión MF01. [En línea]. Disponible en: <http://hetpro-store.com/TUTORIALES/sensor-de-fuerza-o-presion-mf01/>
- [59] Electronica Estudio. (2016). Sensor de peso SHT-101, Características técnicas. [En línea]. Disponible en: <http://www.electronicaestudio.com/docs/SHT-101.pdf>
- [60] Dealextrême. (2016). Celda de carga, Visión General. [En línea]. Disponible en: [http://www.dx.com/es/p/keyes-5kg-resistance-strain-weighing-pressure-sensor-silver-308711#.VyTui\\_I95D9](http://www.dx.com/es/p/keyes-5kg-resistance-strain-weighing-pressure-sensor-silver-308711#.VyTui_I95D9)
- [61] Naylamp Mechatronics. (2015). Tutorial transmisor de celda de carga HX711, Balanza digital. [En línea]. Disponible en: [http://www.naylampmechatronics.com/blog/25\\_Tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-HX711-Ba.html](http://www.naylampmechatronics.com/blog/25_Tutorial-trasmisor-de-celda-de-carga-HX711-Ba.html)
- [62] XBee®.cl. (2016). Módulos Xbee. [En línea]. Disponible en: <http://xbee.cl/category/modxbee/xbee/>
- [63] XBee®.cl. (2016). XBee PRO S3 XSC RPSMA. [En línea]. Disponible en: <http://xbee.cl/xbee-pro-s3b-xsc-rpsma/>
- [64] HANGAR.ORG. (2012). XBee y Arduino. [En línea]. Disponible en: <https://hangar.org/webnouw/wp-content/uploads/2012/01/Capsulab081.pdf>

- [65] R. Faludi. API and Sensor Network. Building Wireless Sensor Network. O' Reilly Media, United States of America, 2010 Diciembre, pp. 122-124.
- [66] A. Cortez. (2013). Topologías de red. [En línea]. Disponible en: <http://mirede.blogspot.com/2013/03/realiza-un-cuadro-comparativo-entre-las.html>
- [67] Las Redes de tresm. (2015). Topología y alcance de las redes. [En línea]. Disponible en: <http://lasredesdetresm.blogspot.com/2015/10/segun-su-topologia-y-alcance.html>
- [68] E. Sangronis, R. Zaa, D. Paredes y D. Sojo. (2015). Estructura y topologías de las redes informáticas. [En línea]. Disponible en: <http://introduccionunesr2015.blogspot.com/p/estructura-y-topologias-de-las-redes.html>
- [69] D. Alulema Flores. Evaluación y Simulación de Algoritmos Enrutamiento en Redes Ad-Hoc. [En línea]. Disponible en: <http://www.ute.edu.ec/revistas/4/articulos/f455d7cb-56e2-42af-8fa5-bbf6ffdd412e.pdf>
- [70] J. Alulema. (2016). Base de datos de la Empresa Pública de Gestión Integral de Desechos Sólidos del cantón Ambato.

# **Anexos y Apéndices**

## ANEXO A

A continuación se indicara la programación realizada en Labview para el envío de la trama de información.

### **NODO TRANSMISOR**

Programa en Arduino para transmitir la trama con los datos de distancia y peso

*Declaración de librerías*

```
#include "Ultrasonic.h"
```

```
#include "HX711.h"
```

*Declaracion de variables*

```
int maqueta=12;
```

```
word checksum;
```

```
int distancia;
```

```
float peso;
```

```
int peso1;
```

```
#define DOUT A1
```

```
#define CLK A0
```

```
#define TRIG 8
```

```
#define ECHO 9
```

```
Ultrasonic ultrasonic(TRIG, ECHO);
```

```
HX711 balanza(DOUT, CLK);
```

```
void setup() {
```

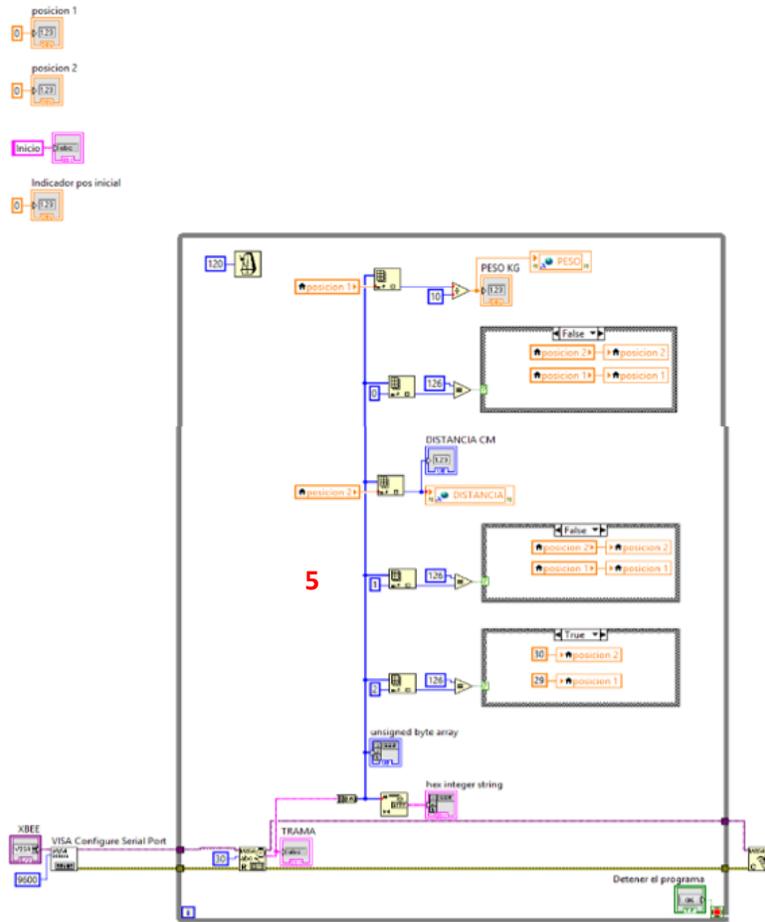
```
Serial.begin(9600);
```

```
Serial.println(balanza.read());
```

```
balanza.set_scale(-64503.4);  
balanza.tare(20);  
}  
void loop() {  
  //DISTANCIA  
  distancia=(maqueta-ultrasonic.Ranging(CM));  
  //PESO  
  peso=balanza.get_units(20),1;  
  if (peso<1){  
    peso=0;  
  }  
  peso1=peso*10;  
  Serial.print(distancia);  
  Serial.print(" ");  
  Serial.println(peso1);  
  Serial.write(0x7E);  
  Serial.write(0x00);  
  Serial.write(0x16);  
  Serial.write(0x10);  
  Serial.write(0x01);  
  Serial.write(0x00);  
  Serial.write(0x00);  
  Serial.write(0x00);  
  Serial.write(0x00);
```







**Fig.2:** Control para la correcta ubicación de los datos de la trama

5. Evaluación de la trama en caso de que sufra un desfase, se lo hace a partir del encabezado de la trama 7E, hasta llegar al bit donde se encuentra los datos de peso y distancia.

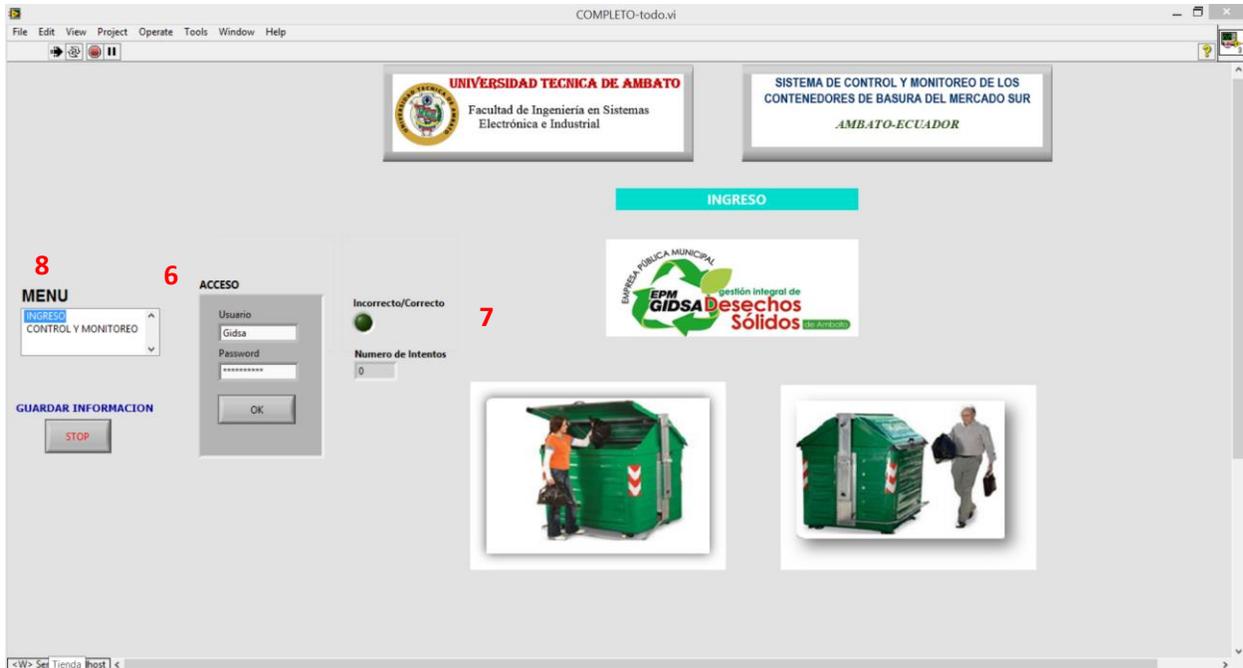
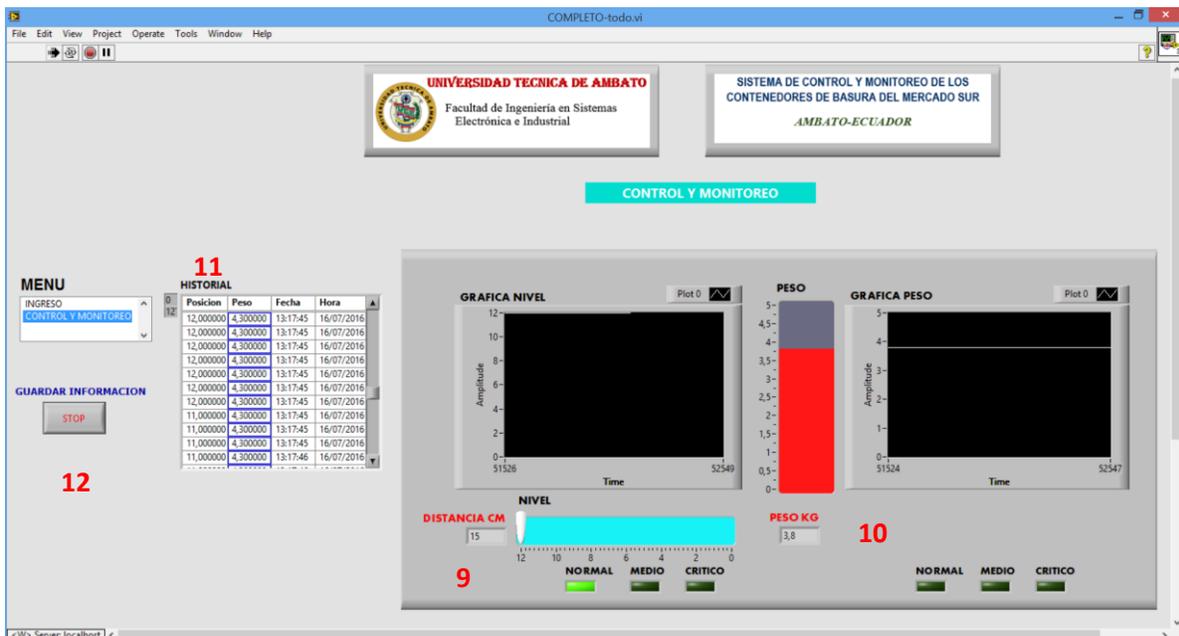


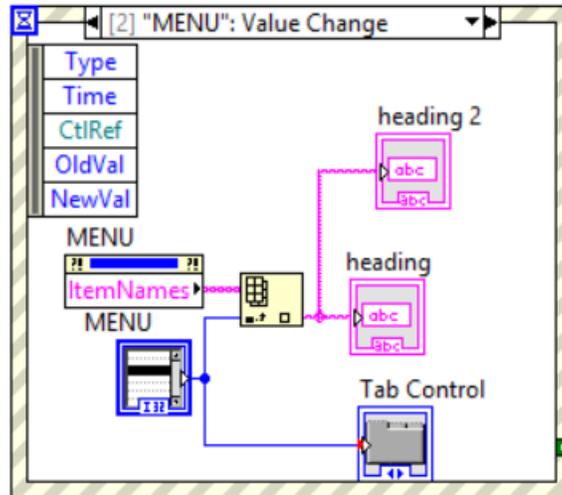
Fig.3: Panel de Acceso

6. Acceso al programa de control y monitoreo mediante *Usuario* y *Contraseña*, establecidas por EPM-GIDSA
7. Indicador led en caso de ser erróneos los datos de ingreso.
8. Menú para el acceso a la visualización de los datos.



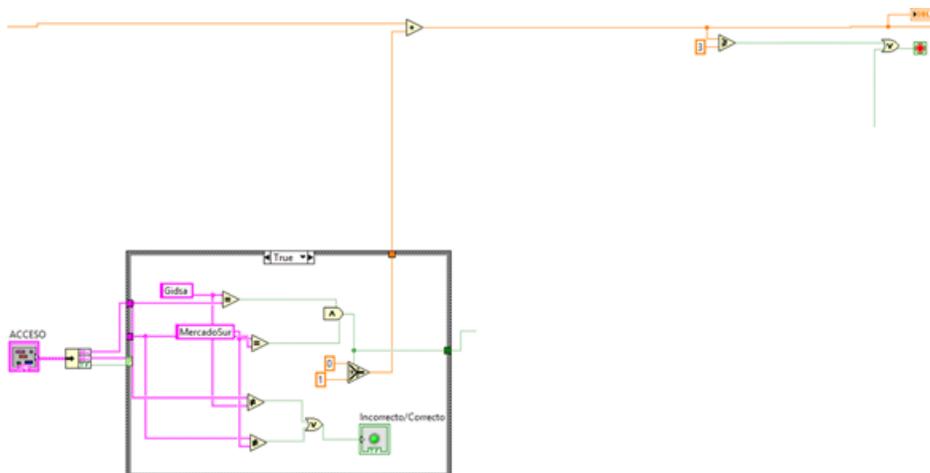
9. Indicador del estado del contenedor en cuanto a la distancia de la basura

- 10. Indicador del estado del contenedor en cuanto al peso de la basura
- 11. Historial del contenedor en cuanto a peso y distancia de la basura.
- 12. Permite obtener el historial mediante un archivo con extensión .txt



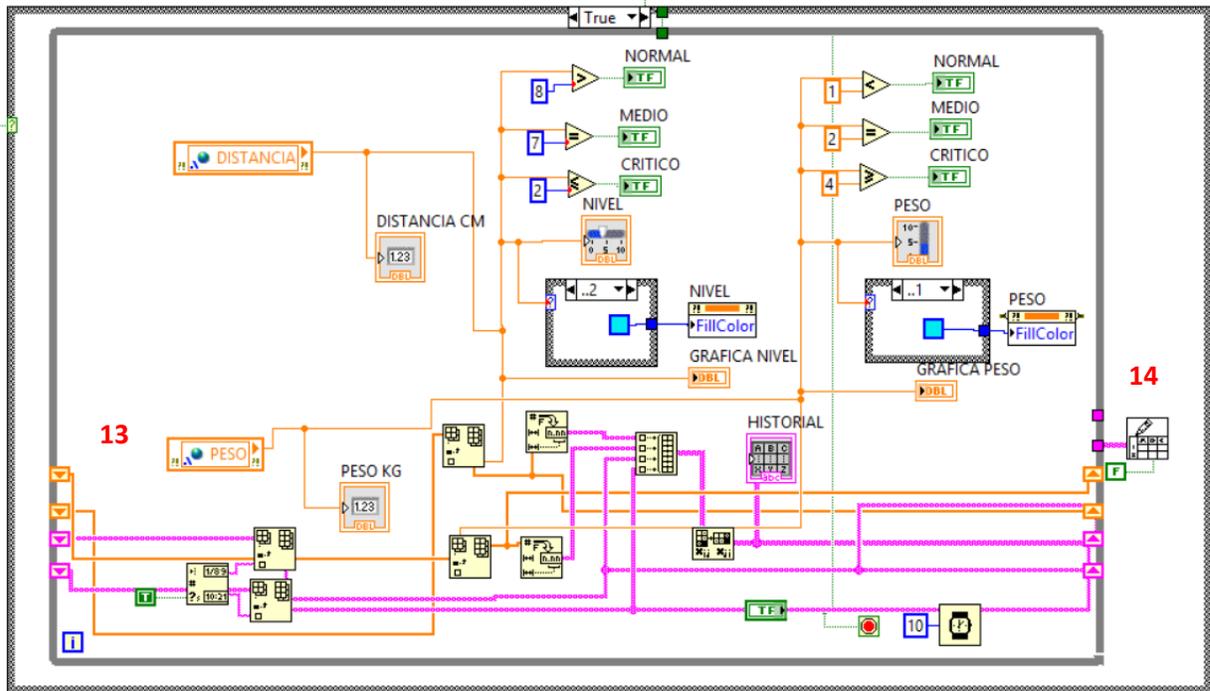
**Fig.4:** Menú ubicado en el panel de acceso

Despliegue del *MENU* con sus diferentes ítems.



**Fig.5:** Control de Usuario y Contraseña

Control *Usuario* y *Password*, válido hasta tres intentos para bloquear el sistema.



**Fig.6:** Programa para el Control y Monitoreo de los sensores de peso y nivel

Visualización de los datos de peso y distancia mediante indicadores

- 13. Historial con fecha y hora e historial de los datos obtenidos de los sensores
- 14. Visualización mediante un archivo .txt

## ANEXO C

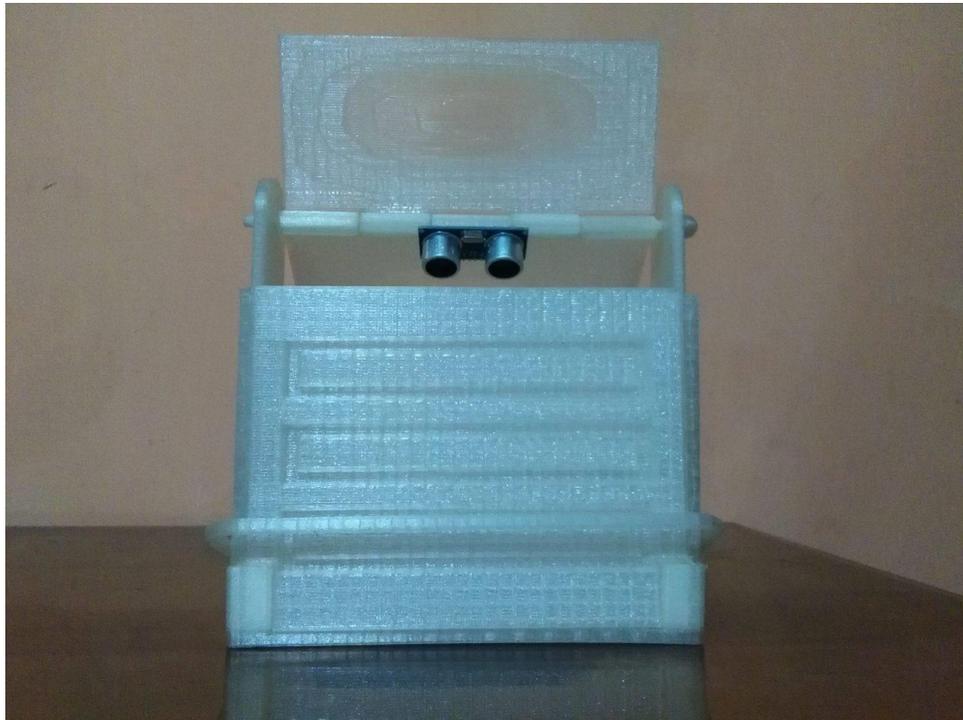
En el anexo C se indica la ubicación del sensor de nivel en el ecotacho para el Prototipo de Control y Monitoreo



**Fig.1:** Ubicacion del sensor ultrasonico HC-SR04 en el ecotacho vista frontal



**Fig.2:** Ubicacion del sensor ultrasonico HC-SR04 en el ecotacho vista superior



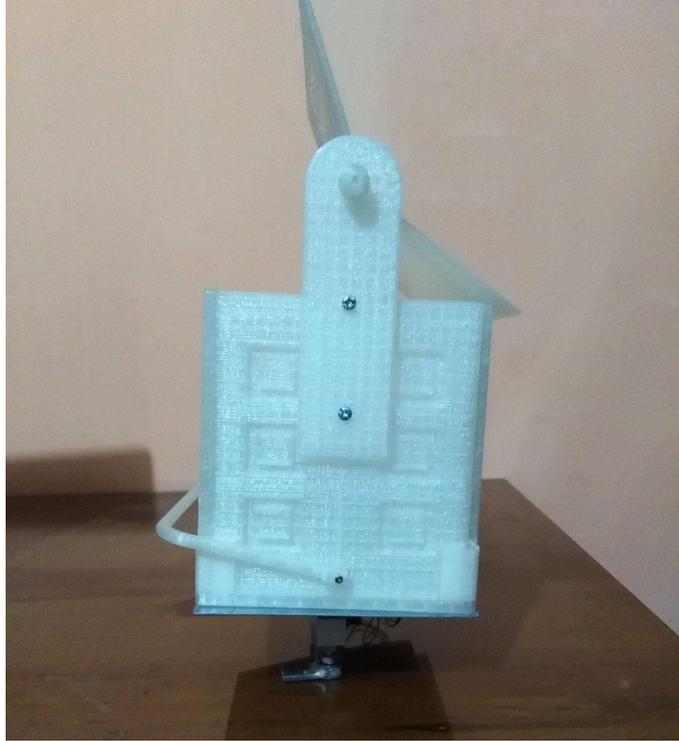
**Fig.3:** Ubicacion del sensor ultrasonico HC-SR04 en el ecotacho vista inferior

## ANEXO D

En el anexo D se indica la ubicación del sensor de peso en el ecotacho para el Prototipo de Control y Monitoreo a nivel industrial



**Fig.1:** Ubicación del sensor de peso en el ecotacho vista frontal



**Fig.2:** Ubicacion del sensor de peso en el ecotacho vista lateral



**Fig.3:** Ubicacion del sensor de peso en el ecotacho vista frontal

## ANEXO E

En el anexo E se indica las especificaciones técnicas de los componentes utilizados para obtener los datos de peso y nivel



Tech Support: [services@elecfreaks.com](mailto:services@elecfreaks.com)

### Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

#### Product features:

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

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

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

#### Wire connecting direct as following:

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

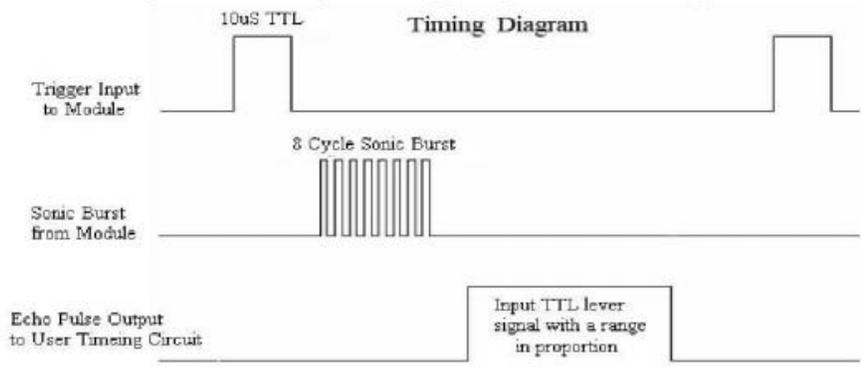
#### Electric Parameter

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



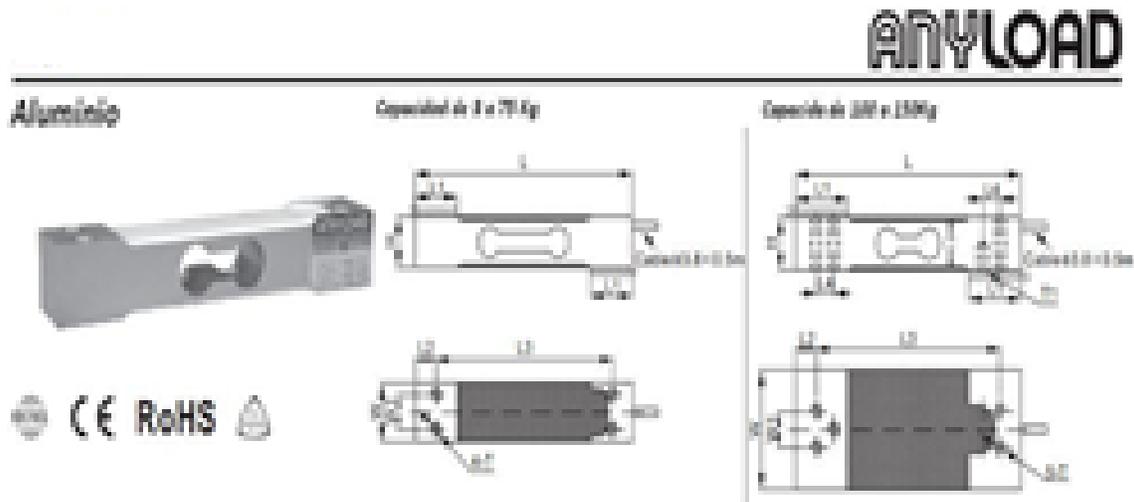
**Timing diagram**

The Timing diagram is shown below. You only need to supply a short 10uS pulse to the trigger input to start the ranging, and then the module will send out an 8 cycle burst of ultrasound at 40 kHz and raise its echo. The Echo is a distance object that is pulse width and the range in proportion . You can calculate the range through the time interval between sending trigger signal and receiving echo signal. Formula:  $\mu\text{S} / 58 = \text{centimeters}$  or  $\mu\text{S} / 148 = \text{inch}$ ; or: the range = high level time \* velocity (340M/S) / 2; we suggest to use over 60ms measurement cycle, in order to prevent trigger signal to the echo signal.



## CELDA DE CARGA DE 5 KG

Especificaciones técnicas de la celda de carga de 5 kg utilizada para conocer el peso de los desechos sólidos para el Prototipo de Control y Monitoreo



### DIMENSIONES

Capacidad Nominal	H	L	L1	L2	L3	L4	W	W1	T	T1
<b>kg/mm</b>										
3-30	22.0	130.0	25.0	12.0	106.0	-	25.4	15.0	M6	-
35	22.0	130.0	25.0	12.0	106.0	-	30.0	15.0	M6	-
40; 50; 60; 75	22.0	130.0	30.0	12.0	106.0	-	38.5	15.0	M6	-
100; 150	22.0	130.0	30.0	12.0	106.0	10.0	50.0	15.0	M6	M6 Depth10
<b>lb/pulgadas. conversion de dimensiones desde arriba</b>										
6.61-66.14	0.87	5.12	0.98	0.47	4.17	-	1.00	0.59	M6	-
77.16	0.87	5.12	0.98	0.47	4.17	-	1.18	0.59	M6	-
88.18; 110.23; 132.28; 165.35	0.87	5.12	1.18	0.47	4.17	-	1.52	0.59	M6	-
220.46; 330.69	0.87	5.12	1.18	0.47	4.17	0.39	1.97	0.59	M6	M6 Depth0.39

Capacidad nominal	3kg, 6kg, 7 kg, 10kg, 15kg, 20kg, 30kg, 35kg, 40kg, 45kg, 50kg, 60kg, 75kg, 100kg, 150kg
Referencia Max. Tamaño de la plataforma	400mm x 400mm
Escala de salida completa	2 mV / V $\pm$ 10%
Balance Cero	$\pm$ 0.02mV / V
No linealidad	< $\pm$ 0,017%
Repetibilidad	< $\pm$ 0,017%
Histéresis Error	< $\pm$ 0,017%
Fluencia en 30 minutos	< $\pm$ 0,023%
Resistencia de entrada	415 $\Omega$ $\pm$ 15 $\Omega$
Resistencia de salida	350 $\Omega$ $\pm$ 3 $\Omega$
Excitación recomendada	10V (15V Máximo)
Resistencia de aislamiento	> 2G $\Omega$ (50V DC)
Efecto de la temperatura sobre la sensibilidad	< $\pm$ 0,0012% de Cn / k
Efecto de la temperatura sobre el Balance Cero	< $\pm$ 0,0040% de Cn / k
Rango de temperatura nominal	-10 ° C a 40 ° C / 14 ° F a 104 ° F
Servicio Rango de temperatura	-18 ° C a 65 ° C / 0 ° F a 149 ° F
Temperatura de almacenamiento	-50 ° C a 85 ° C / -58 ° F a 185 ° F
Sobrecarga segura	150% de la escala completa
Rotura de Sobrecarga	300% de la escala completa
Tipo de Seal	ambientalmente sellado

## CELDA DE CARGA TIPO S o Z

Especificaciones técnicas de los sensores de peso tipo S o Z para el Sistema de Control y Monitoreo a nivel Industrial

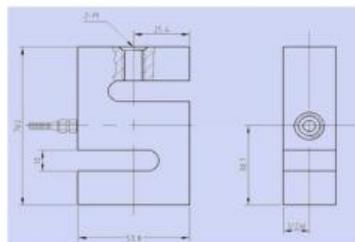


### CELDA TIPO "S" MODELO SA Ver. 2 (2012/01)



Celda de carga tipo "S" en aleación de acero, IP65, para aplicaciones especiales en tensión o Compresión, para básculas flotantes.

#### DIMENSIONES (mm)



Rated Load (Kg)	50	100	150	200	250	300	500	1000
W	15	15	15	19	19	19	19	38
M	M8	M8	M8	M12	M12	M12	M12	M16

Manual Celdas de carga tipo S baja capacidad SA-300 LEXUS 234519 Colombia [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

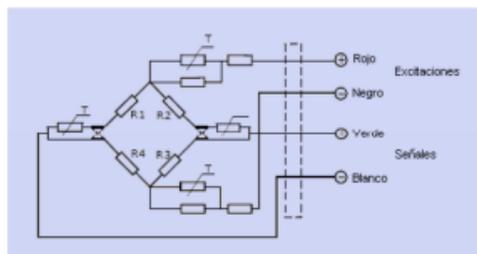
## CELDA DE CARGA TIPO S o Z



### CARACTERISTICAS GENERALES

Parámetros	C2	C3	Unidades
Capacidades (E <sub>max</sub> )	50, 100, 200, 300, 500	20, 100, 200, 300, 500	Kg
Intervalos Max. de verificación (N <sub>ic</sub> )	2000	3000	d
Intervalos Min. De verificación (V <sub>min</sub> )	0,03	0,03	% de la Capacidad Max
Sensibilidad (C <sub>n</sub> )	2.0 + 0.2%	2.0 + 0.2%	mV/V
Efecto de temperatura en la sensibilidad (T <sub>kc</sub> )	0,0024	0,0012	+ % de la señal de salida/oC
Efecto de temperatura en el cero (t <sub>k0</sub> )	0,002	0,0008	+ % de la señal de salida/oC
Cero	1.0	1.0	+ % de la señal de salida
Resistencia de entrada (R <sub>ic</sub> )	385 + 5	385 + 5	Ohms
Resistencia de salida (R <sub>o</sub> )	350 + 2	350 + 2	Ohms
Resistencia de aislamiento	> 5000	> 5000	Mega-Ohms
Límite de sobrecarga	150	150	% de la capacidad
Ruptura de celda	300	300	% de la capacidad
Rango de temperatura en operación	-30 a +70 / -20 a +160	-30 a +70 / -20 a +160	oC / oF
Excitación Recomendada	5-12	5-12	V ( AC o DC )
Máxima excitación permitida	15	15	V ( AC o DC )
Peso aproximado	600	600	G
Material	Aleación de acero	Aleación de acero	Aleación de acero
Clase de protección	IP65	IP65	IP65
Cable	3m	3m	Φ5mm

### CONEXION



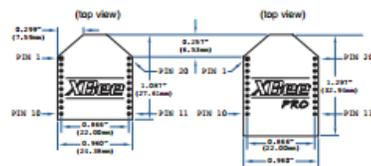
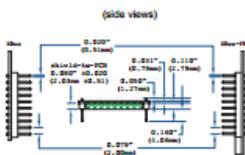
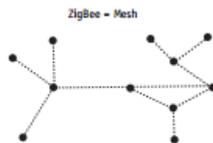
**DIMENSIONES Y ESPECIFICACIONES SUJETAS A CAMBIO SIN PREVIO AVISO.**

# XBEE

## Especificaciones técnicas de los dispositivos XBee S2 para el Prototipo de Control y Monitoreo

### XBEE 2MW

Platform	XBee® ZB	XBee-PRO® ZB	Programmable XBee-PRO® ZB
<b>Performance</b>			
RF Data Rate	250 Kbps		
Indoor/Urban Range	133 ft (40 m)	300 ft (90 m)	
Outdoor/RF Line-of-Sight Range	400 ft (120 m)	2 miles (3200 m) / Int'l 5000 ft (1500 m)	
Transmit Power	1.25 mW (+1 dBm) / 2 mW (+3 dBm) boost mode	63 mW (+18 dBm) / Int'l 10 mW (+10 dBm)	
Receiver Sensitivity (1% PER)	-96 dBm in boost mode	-102 dBm	
<b>Features</b>			
Adjustable Power	Yes		
I/O Interface	3.3V CMOS UART, ADC, DIO		3.3V CMOS UART, SPI, I2C, PWM, DIO, ADC
Configuration Method	API or AT commands, local or over-the-air		
Frequency Band	2.4 GHz		
Interference Immunity	DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)		
Serial Data Rate	1200 bps - 1 Mbps		
ADC Inputs	(4) 10-bit ADC inputs		
Digital I/O	10		
Antenna Options	Chip, Wire Whip, U.FL, RPSMA	PCB Embedded Antenna, Wire Whip, U.FL, RPSMA	
Operating Temperature	-40° C to +85° C, 0-95% humidity non-condensing		
<b>Programmability</b>			
Memory	N/A		32 KB Flash / 2 KB RAM
CPU/Clock Speed	N/A		HCS08 / Up to 50.33 MHz
<b>Networking &amp; Security</b>			
Encryption	128-bit AES		
Reliable Packet Delivery	Retries/Acknowledgments		
IDs and Channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 16 channels	PAN ID, 64-bit IEEE MAC, 15 channels	
<b>Power Requirements</b>			
Supply Voltage	2.1 - 3.6VDC		2.7 - 3.6VDC
Transmit Current	35 mA / 45 mA boost mode @ 3.3VDC	205 mA	220 mA
Receive Current	38 mA / 40 mA boost mode @ 3.3VDC	47 mA	62 mA
Power-Down Current	<1 uA @ 25° C	3.5 uA @ 25° C	4 uA @ 25° C
<b>Regulatory Approvals</b>			
FCC, IC (North America)	Yes		
ETSI (Europe)	Yes		
C-TICK (Australia)	Yes		
TELEC (Japan)	Yes	Yes (int'l unit only)	



Visit [www.digi.com](http://www.digi.com) for part numbers.

**DIGI SERVICE AND SUPPORT** - You can purchase with confidence knowing that Digi is here to support you with expert technical support and a one-year warranty. [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support)

**Digi International**  
877-912-3444  
952-912-3444  
info@digi.com

**Digi International**  
France  
+33-1-55-61-98-98  
[www.digi.fr](http://www.digi.fr)

**Digi International**  
KK  
+81-3-5428-0261  
[www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

**Digi International**  
(HK) Limited  
+852-2833-1008  
[www.digi.cn](http://www.digi.cn)

**Digi m2m Solutions**  
India Pvt. Ltd  
+91-80-4287-9887  
info@digi.com



91001471  
D3/S11

BUY ONLINE • [www.digi.com](http://www.digi.com)



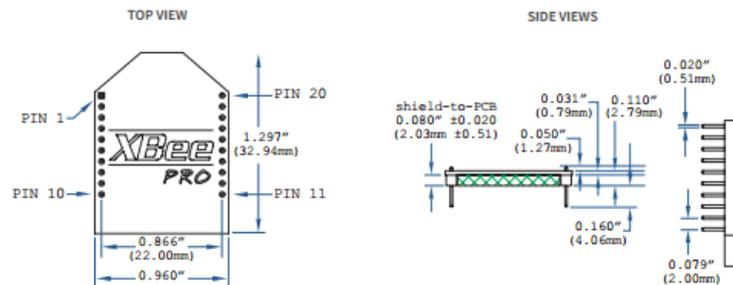
© 2008-2011 Digi International Inc.  
All rights reserved. Digi, Digi International, the Digi logo, the Making Wireless M2M Easy logo, ConnectPort, XBee and XBee-PRO are trademarks or registered trademarks of Digi International Inc. in the United States and other countries worldwide. All other trademarks are the property of their respective owners. All information provided is subject to change without notice.

# **XBEE**

Especificaciones técnicas de los dispositivos XBee PRO S3B XSC RPSMA para el Sistema de Control y Monitoreo a nivel Industrial

## **XBEE PRO S3B XSC RPSMA**

SPECIFICATIONS	XBee-PRO® XSC (S3)	XBee-PRO® XSC (S3B)
<b>HARDWARE</b>		
<b>PROCESSOR</b>	ADF7025 transceiver, Atmel AT91SAM7S	ADF7023 transceiver, Cortex-M3 EFM32G230 @ 28 MHz
<b>FREQUENCY BAND</b>	902 MHz to 928 MHz	
<b>ANTENNA OPTIONS</b>	Wire, U.FL, RPSMA	
<b>PERFORMANCE</b>		
<b>RF DATA RATE</b>	10 Kbps	10 Kbps or 20 Kbps
<b>INDOOR/URBAN RANGE</b>	Up to 1200 ft (370 m)	Up to 2000 ft (610 m)
<b>OUTDOOR/LINE-OF-SIGHT RANGE</b>	Up to 6 mi (9.6 km)	Up to 9 mi (14 km) w/ dipole antenna Up to 28 mi (45 km) w/ high-gain antenna
<b>TRANSMIT POWER</b>	Up to 20 dBm (100 mW)	Up to 24 dBm (250 mW) software selectable
<b>RECEIVER SENSITIVITY</b>	-106 dBm	-109 dBm at 9600 baud -107 dBm at 19200 baud
<b>FEATURES</b>		
<b>SPREAD SPECTRUM</b>	FHSS	
<b>OPERATING TEMPERATURE</b>	-40° C to +85° C	
<b>POWER</b>		
<b>SUPPLY VOLTAGE</b>	3.0 - 3.6 VDC	2.4 to 3.6 VDC
<b>TRANSMIT CURRENT</b>	265 mA	215 mA
<b>RECEIVE CURRENT</b>	65 mA	26 mA
<b>SLEEP CURRENT</b>	45 uA	2.5 uA
<b>REGULATORY APPROVALS</b>		
<b>FCC</b>	MCQ-XBEEEXSC	MCQ-XBPS3B
<b>IC</b>	1846A-XBEEEXSC	1846A-XBPS3B
<b>C-TICK</b>	No	Australia



PART NUMBERS	DESCRIPTION
XBP9B-XCST-001	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, RPSMA ant connector, 9600 bps
XBP9B-XCUT-001	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, U.FL ant connector, 9600 bps
XBP9B-XCWT-001	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, wire antenna, 9600 bps
XBP9B-XCST-002	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, RPSMA ant connector, 19.2 Kbps
XBP9B-XCUT-002	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, U.FL ant connector, 19.2 Kbps
XBP9B-XCWT-002	XBee-PRO XSC S3B, 900 MHz, 250 mW, wire antenna, 19.2 Kbps
XBP9B-XCST-021	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, RPSMA ant connector, 9600 bps (International)
XBP9B-XCUT-021	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, U.FL ant connector, 9600 bps (International)
XBP9B-XCWT-021	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, wire antenna, 9600 bps (International)
XBP9B-XCST-022	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, RPSMA ant connector, 19.2 Kbps (International)
XBP9B-XCUT-022	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, U.FL ant connector, 19.2 Kbps (International)
XBP9B-XCWT-022	XBee-PRO XSC S3B, 920 MHz, 250 mW, wire antenna, 19.2 Kbps (International)
XK9-XCT-0	XBee-PRO XSC S3B Development Kit
XK9-XCT-2	XBee-PRO XSC S3B 920 MHz Development Kit (International)

FOR MORE INFORMATION  
PLEASE VISIT [WWW.DIGI.COM](http://WWW.DIGI.COM)

DIGI SERVICE AND SUPPORT / You can purchase with confidence knowing that Digi is always available to serve you with expert technical support and our industry leading warranty. For detailed information visit [www.digi.com/support](http://www.digi.com/support).  
© 1996-2015 Digi International Inc. All rights reserved.  
All trademarks are the property of their respective owners.

910016899  
B1/915

DIGI INTERNATIONAL WORLDWIDE HQ  
877-912-3444 / 952-912-3444 / [www.digi.com](http://www.digi.com)

DIGI INTERNATIONAL FRANCE  
+33-1-55-61-98-98 / [www.digi.fr](http://www.digi.fr)

DIGI INTERNATIONAL JAPAN  
+81-3-5428-0261 / [www.digi-intl.co.jp](http://www.digi-intl.co.jp)

DIGI INTERNATIONAL SINGAPORE  
+65-6213-5380

DIGI INTERNATIONAL CHINA  
+86-21-50492199 / [www.digi.com.cn](http://www.digi.com.cn)

