



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE LA INGENIERÍA EN TELEMÁTICA**

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniería en Telemática.

Título del Proyecto de Investigación:

**“REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS PARA EL MONITOREO DEL
CONSUMO ENERGÉTICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E
IoT”**

AUTOR:

Pacheco Zamora José Andrés

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Ángel Torres Quijije, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **José Andrés Pacheco Zamora**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

José Andrés Pacheco Zamora

C.I. 131120610-4



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAS DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA

**CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

El suscrito, Ing. Ángel Torres Quijije, docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el aspirante **Pacheco Zamora José Andrés**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E IoT”** previo a la obtención del título de ingeniería en sistema bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Ángel Torres Quijije

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO



Ing. Ángel Torres Quijije en calidad de director de proyecto de Investigación titulada **“REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS PARA EL MONITOREO DEL CONSUMO ENERGÉTICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E IoT”**, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de Facultad lo siguiente:

Que, el estudiante **PACHECO ZAMORA JOSÉ ANDRÉS** egresado de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, han cumplido con las correcciones pertinentes, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 3%.

URKUND	
Documento	Proyecto Final - Pacheco Jose.docx (D34094197)
Presentado	2017-12-20 17:21 (-05:00)
Presentado por	joseaandrespz@gmail.com
Recibido	atorres.uteq@analysis.urkund.com
Mensaje	documento tesis Mostrar el mensaje completo
	3% de estas 80 páginas, se componen de texto presente en 5 fuentes.

Ing. Ángel Torres Quijije, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA EN TELEMÁTICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“REDES DE SENSORES INALÁMBRICAS PARA EL MONITOREO DEL
CONSUMO ENERGÉTICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E
IoT”

Presentado a la Comisión Académica como requisito previo a la obtención del título de
Ingeniero en Telemática.

Aprobado por:

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ING. BYRON OVIEDO BAYAS, PhD

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. FABRICIO MARCILLO VERA, MSc

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

ING. OSMAR VIERA CARCACHE, MSc

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2017

AGRADECIMIENTO

Le agradezco en primer lugar a Dios por bendecirme con vida cada día; a mis padres por enseñarme una de las lecciones más enriquecedoras de la vida que es luchar por lo que se desea, a mis hermanos y a la persona que ha estado al lado mío incondicionalmente durante más de cinco años.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haber sido la base de mi formación profesional. A mi director de tesis y catedráticos gracias a sus conocimientos impartidos, he logrado concluir mis estudios con éxito. Por último, agradecer a mis compañeros, amigos hermanos, y a los colaboradores de la prestigiosa universidad.

José Andrés Pacheco Zamora

RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

El presente proyecto de investigación se basa en implementar una red de sensores inalámbricos para el monitoreo del consumo energético empleando servicios en redes Ad-Hoc e Internet de las Cosas, Esta red está constituida por 2 nodos router, los cuales realizarán el envío de los valores eficaces del voltaje y amperaje detectados por sus sensores integrados; estos dispositivos se encuentran conectados a través del protocolo ZigBee2 (IEEE 802.15.4) con un nodo coordinador (estación base) además conectado a una servidor de telemetría encargado de almacenar la información referente a la red Ad-Hoc, a su vez permite el ingreso a la información por parte de los usuarios a través de una interfaz web. Finalmente, se implementó la red en las oficinas de la empresa Alfabet Sucursal Quevedo, para la recopilación de datos referente al consumo realizado por diferentes equipos de Telecomunicaciones proporcionados por la empresa.

Palabras Claves:

Redes, Sensores, Inalámbrica, Telemetría, Ad-Hoc, IoT, Internet de las Cosas, Redes Inalámbricas Móvil, Redes de sensores inalámbricos, ZigBee.

EXECUTIVE SUMMARY AND KEYWORDS

The present research project is based on implementing a network of wireless sensors for the monitoring of energy consumption. Using services in networks Ad-Hoc and Internet of Things, This network consists of a 2-node router, which has been sent to the effective values of the voltage and amperage detected by its integrated sensors; These devices are connected through the ZigBee2 protocol (IEEE 802.15.4) with a coordinating node (base station). In addition, connected to a telemetry server, which is connected to the Ad-Hoc network, it also allows access to the information on the part of the users through a web interface. Finally, the network was implemented in the offices of the company Alfabet Sucursal Quevedo, for the collection of data referring to the consumption made by different Telecommunications equipment provided by the company.

Keywords:

Networks, Sensors, Wireless, Telemetry, Ad-hoc, IoT, Internet of Things, Mobile Wireless Networks, Wireless Sensor Networks, ZigBee.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I	CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1.	Introducción.....	2
1.2.	Problema De Investigación.....	3
1.2.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.2.	Formulación del problema.....	3
1.2.3.	Sistematización del problema.....	3
1.3.	Objetivos.....	5
1.3.1.	Objetivo General.....	5
1.3.2.	Objetivos Específicos.....	5
1.4.	Justificación.....	6
CAPITULO II	FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1.	Marco Referencial.....	8
2.2.	Marco Teórico.....	10
2.2.1.	Demanda de Energía.....	10
2.2.2.	Producción de Energía en el Ecuador.....	11
2.2.2.1.	Energía Primaria.....	11
2.2.2.2.	Energía Secundaria.....	12
2.2.3.	Oferta de Energía Eléctrica en el Ecuador.....	13
2.2.4.	Consumo Energético por Persona.....	15
2.2.5.	Eficiencia Energética.....	16
2.2.6.	Planes de Eficiencia Eléctrica en el Ecuador.....	16
2.2.6.1.	Focos Ahorradores.....	16
2.2.6.2.	Alumbrado Público.....	17
2.2.7.	Pliego Tarifario.....	20
2.2.8.	Pliego tarifario para empresas eléctricas de distribución.....	21

2.2.9.	Categorías y grupos de tarifas.	23
2.2.10.	Tarifas de baja tensión.	24
2.3.	Marco Conceptual.	30
1.1.1.	Redes Inalámbricas Multisalto.	30
2.3.1.	Redes Ad-Hoc.	31
2.3.2.	Encaminamiento en redes Ad-Hoc.	35
2.3.3.	Internet de las Cosas (IoT).	44
2.3.4.	Programación orientada a eventos.	46
2.3.5.	Telemetría.	48
2.3.6.	Comparación Tecnologías Inalámbricas	49
2.3.7.	Introducción a ZigBee.	51
2.3.8.	Arduino Nano.	56
2.3.9.	Sensor ACS712.	57
2.3.10.	Adaptador AC/DC.	58
2.3.11.	Módulo 2 Relay.	58
2.3.12.	Módulo XBee.	59
2.3.13.	Adaptador XBee USB.	59
2.3.14.	Regulador de Tensión 7805.	60
2.3.15.	NodeMCU.	60
2.3.16.	El Sensor de Voltaje ZMPT101B	61
2.3.17.	Arduino IDE	61
2.3.18.	XCTU.	62
2.4.	Marco Legal.	63
2.4.1.	Ley de Régimen del Sector Eléctrico.	63
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.		65
3.1.	Tipos de Investigación.	66

3.1.1. Tipo Documental.	66
3.1.2. Tipo Experimental.	66
3.1.3. Tipo Diseño.	67
3.2. Recursos Humanos y Materiales.....	68
3.2.1. Recursos Humanos.	68
3.2.2. Recursos Materiales.....	68
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	71
4.1. Resultados.	72
4.1.1. Resultados del diseño de un sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes Ad-Hoc e IoT.....	72
4.2. Discusión	93
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	94
5.1. Conclusiones.....	95
5.2. Recomendaciones.	96
CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA.....	97
CAPITULO VII ANEXOS.....	103
7.1. Carta de Autorización para Recolección de Datos.	104
7.2. Tramas API.	105
7.3. Datasheet ACS712.....	106
7.4. Datasheet ZMPT101B.	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Consumo de energía primaria mundial 2014.	10
Figura 2. Producción de Energía Primaria 2015.....	11
Figura 3. Variación porcentual en la producción primaria 2014-2015.....	12
Figura 4. Producción de Energía Secundaria 2015.....	13
Figura 5. Variación Porcentual en la Producción Primaria 2014-2015.....	13
Figura 6. Generación Eléctrica por Fuente 2015.....	14
Figura 7. Variación Porcentual de la Generación Eléctrica por Fuente 2014-2015.....	14
Figura 8. Consumo Energético por Persona.	15
Figura 9. Consumo Eléctrico por Persona.	16
Figura 10. Cargos Tarifarios Baja Tensión sin demanda.	28
Figura 11. Tarifa general de Baja Tensión con registrador de demanda horaria.....	30
Figura 12. Publicación y Suscripción.	49
Figura 13. Modelo de interconexión ZigBee.....	51
Figura 14. Topología Estrella	53
Figura 15. Topología Árbol.....	54
Figura 16. Topología Mesh	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rangos especificados por el concejo nacional de electricidad.....	23
Tabla 2. Cargos Tarifarios para usuarios residenciales sin demanda residencial.....	26
Tabla 3. Cargos Tarifarios para usuarios residenciales sin demanda residencial.....	27
Tabla 4. Cargos Tarifarios general Baja Tensión con demanda.....	28
Tabla 5. Cargos Tarifarios para usuarios general Baja Tensión con registro de demanda horaria.....	29
Tabla 6. Aplicaciones de redes móviles Ad-Hoc.	32
Tabla 7. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica.	50
Tabla 8. Indicadores de Nombre de Trama.	56
Tabla 9. Descripción de Sensores ACS712	57
Tabla 10. Requerimientos de Hardware.	68
Tabla 11. Requerimientos de Software.....	68
Tabla 12. Presupuesto del Proyecto de Investigación.	69
Tabla 13. Configuración de Módulos XBee.....	75
Tabla 14. Descripción de Tramas API - Transmisión.	76
Tabla 15. Descripción de Tramas API - Comando Remoto.....	77
Tabla 16. Ventajas y Desventajas de Sensores.....	80
Tabla 17. Ventajas y Desventajas de los Relés	81
Tabla 18. Ventajas y Desventajas de Gestores de Bases de Datos.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Entrega de Focos Ahorradores en los barrios populares.	17
Ilustración 2. Cliente renueva su Refrigeradora antigua por una nueva y eficiente.	18
Ilustración 3. Cocinas de Inducción fabricadas en Ecuador.	19
Ilustración 4. Sistema de Distribución Eléctrico.	24
Ilustración 5. Redes Multisalto.	30
Ilustración 6. Estructura de una red Ad-Hoc.	31
Ilustración 7. Relés multipunto.	37
Ilustración 8. Propagación de un mensaje RREQ en AODV.	38
Ilustración 9. Propagación de un mensaje RREP en AODV.	40
Ilustración 10. Propagación de un mensaje RERR en AODV.	40
Ilustración 11. RREQ Broadcast.	42
Ilustración 12. Propagación RREP.	42
Ilustración 13. Radio de zona ZRP.	43
Ilustración 14. Ejemplo de descubrimiento de ruta ZRP.	44
Ilustración 15. Convergencia IP.	45
Ilustración 16. Distintas topologías de los sistemas basados en eventos.	48
Ilustración 17. Formato Trama API.	55
Ilustración 18. Arduino Nano	56
Ilustración 19. Sensor ACS712	57
Ilustración 20. Adaptador AC/DC de 240V a 5V.	58
Ilustración 21. Módulo Relay, 2 canales 5VDC.	59
Ilustración 22. Módulo XBee S2.	59
Ilustración 23. Adaptador USB XBee	60
Ilustración 24. Regulador de Voltaje LM7805.	60
Ilustración 25. Módulo Modem MCU V1.0	61

Ilustración 26. Módulo de Sensor de Voltaje ZMPT101B.....	61
Ilustración 27. Arquitectura General del Sistema.....	72
Ilustración 28. Arquitectura de Nodo Router	73
Ilustración 29. Arquitectura de Nodo Coordinador.....	74
Ilustración 30. Topología de Red	75
Ilustración 31. Módulo NodeMCU.....	78
Ilustración 32. Diagrama Base de Datos.	83
Ilustración 33. Imagen Principal del Servidor Web.	84
Ilustración 34. Dispositivos y Secciones.	84
Ilustración 35. Grafico del Consumo Enviado por Sección 1.	85
Ilustración 36. Nodo Router 1 Recopilando Datos.....	86
Ilustración 37. Nodo Router 2 Recopilando Datos.....	86
Ilustración 38. Nodo Coordinador y Servidor de telemetría.	87
Ilustración 39. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (24 horas).....	88
Ilustración 40. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (4 días).	88
Ilustración 41. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (24 horas).	89
Ilustración 42. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (4 días).	89
Ilustración 43. Valores Eficaces del Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados Nodo 1 (24 horas).....	90
Ilustración 44. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 1 (4 días).	90
Ilustración 45. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (24 horas).	91

Ilustración 46. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (4 días).	91
Ilustración 47. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (24 horas).	92
Ilustración 48. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (4 días).	92
Ilustración 49. Página Web de Servidor de Telemetria.	93

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción.

En la actualidad el consumo de energía eléctrica es considerado un pilar fundamental de la sociedad, llegando a depender tanto de ella para el diario vivir; su gran demanda tiene impacto significativo en recursos esenciales de los seres vivos, forzando al ser humano a la búsqueda de nuevas alternativas energéticas amigables con el medio ambiente y satisfacer su demanda. La irresponsabilidad de numerosos usuarios provoca diferentes inconvenientes tales como; aumento del coste a cancelar por parte del usuario provocando así una creciente demanda energética para el estado y mayor escasez de recursos no renovables.

Para la creciente demanda global energética son notables diferentes terminales esenciales para su incremento, como la dinámica demográfica¹, industrialización, avances en la medicina y el cambio de las condiciones de vida de la población, vinculado inicialmente al alto crecimiento económico y a las transformaciones sociales. Según Economía Política de las Transiciones Democráticas se proyectó un crecimiento del 3.2% anual de la economía del ámbito mundial hasta el año 2015. Los países en vías de desarrollo contienen un mayor porcentaje en su crecimiento como es un 58% para el 2020. Debido al mejoramiento de los niveles de vida y la industrialización contribuirán en el crecimiento de la demanda energética. [1]

Con el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas se consideran nuevos métodos para la conservación de recursos energéticos, dentro de este ámbito comprende el estudio de las telecomunicaciones basándose en la creación de nuevos procesos y herramientas capaces de permitir el manejo de información; en el caso del presente proyecto se busca utilizar las telecomunicaciones como herramienta para el fortalecimiento del ahorro y optimización del consumo eléctrico.

La finalidad del presente proyecto denominado “Redes de Sensores inalámbricos para el monitoreo del consumo energético empleando servicios en redes Ad-Hoc² e IoT³.” consiste en el desarrollo de un sistema que emplee los servicios de una red inalámbrica móvil de sensores los cuales gracias a un servidor de telemetría permita la recolección de información referente al uso eléctrico de los dispositivos y a su vez permitir a usuarios externos gestionar las acciones para el control del consumo en cada dispositivo.

¹ **Demográfica.** Estudio estadístico de las poblaciones según su estado y distribución en un momento determinado o evolución.

² **Ad-Hoc.** Red inalámbrica descentralizada, la cual no necesita infraestructura.

³ **IoT.** Interconexión digital de objetos cotidianos con internet.

1.2. Problema De Investigación.

1.2.1. Planteamiento del problema.

Como se describe en el Balance Energético Nacional; históricamente, el sector transporte tiene una participación del uso energético del 40% durante el periodo 2000 y 2015. El siguiente sector con mayor demanda energética ha sido la industria con un 20%. Finalmente, en tercer lugar el sector residencial donde el consumo eléctrico se incrementó en un 54% entre los años 2005 y 2015, pasando de 933kWh⁴/per cápita⁵ a 1.436kwh/per cápita. Esto debe entenderse como un mejoramiento de las condiciones de vida de los ecuatorianos, considerado un incremento del 90% en el consumo eléctrico en ese periodo de tiempo. Mientras tanto, el consumo eléctrico per cápita aumentó en 2% entre 2014 y 2015. [2]

Para el desarrollo económico y social el consumo de energía es un elemento fundamental, que permite un estilo de vida más cómodo para el diario vivir, el derroche desmesurado de energía eléctrica conlleva diversos inconvenientes; sobre el ecosistema, recursos de energía no renovables e inseguridad del abastecimiento energético por parte del estado, incremento del coste tarifarios de kWh para los abonados. En la mayoría de las ocasiones el consumo eléctrico no se encuentra en constante monitoreo por parte de los usuarios, solo prestándose a cancelar las tarifas sin verificar los consumos.

1.2.2. Formulación del problema.

¿Es posible realizar un sistema de monitoreo para control y gestión del consumo eléctrico?

1.2.3. Sistematización del problema.

¿Qué tipos de dispositivos serán necesarios para la recolección y control del consumo eléctrico?

¿Es posible utilizar una red inalámbrica Ad-Hoc para el correcto monitoreo de los dispositivos a utilizarse?

⁴ kWh. Símbolo del kilovatio-hora.

⁵ per cápita. Loc. lat. que significa 'por cabeza, por individuo'. Se usa normalmente en referencia a una variable económica que se distribuye entre los componentes de un grupo.

¿De qué manera es posible monitorear, gestionar y controlar el consumo eléctrico mediante una red inalámbrica?

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

- Diseñar un sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes Ad-Hoc e IoT.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Identificar dispositivos que empleen sensores y actuadores que permitan recolección y control del consumo eléctrico.
- Implementar una red de sensores y actuadores inalámbricos mediante una red móvil Ad-Hoc.
- Configurar un servidor de telemetría para el monitoreo, gestión y toma de decisiones de los sensores y actuadores.

1.4. Justificación.

Para la mayoría de países desarrollados el abastecimiento de energía domina un lugar importante en la agenda política. Su importancia se vincula en sectores de comercio y competitividad industrial, el confort de la población, el objetivo de reducción de emisiones de efecto invernadero (GEI) y los beneficios de la seguridad de abastecimiento energético.

Los servicios energéticos cubren una amplia demanda necesaria para el diario vivir de las personas como son: confort (calefacción, aire acondicionado), iluminación, transporte, refrigeración, tecnologías de información, comunicación, producción de bienes y servicios, entre otros. La creciente demanda de estos recursos produce una pérdida de los recursos primarios utilizados por el gobierno para proveer la energía necesaria para satisfacer su demanda.

El desperdicio de energía es un problema que tiene dos causas principales: ineficacia de las instalaciones eléctricas así como un uso irracional de la energía, consecuencia de malos hábitos y acciones. Como ejemplo; una refrigeradora de 340 litros de capacidad, fabricada en los años 90, consume 1.300 kWh/año, lo que representa un costo aproximado de US \$ 130 por año (con un costo del kWh de 10 centavos de dólar). Una refrigeradora eficiente consume 400 kWh/año que, al mismo costo por kWh, representa un costo de US \$ 35 por año. [3]

La tendencia mundial y de países industrializados como es el caso de los países que conforman la Unión Europea es reducir la intensidad energética: como se puede observar entre los años 1980 y 2012 reduciendo su consumo de 200 MTep/T USD⁶ a 120 MTep/T USD; mientras que los países en vía de desarrollo como es el caso de América Latina y El Caribe (incluyendo Ecuador), en la década de los 80 con un 90 MTep/T USD venía en un crecimiento lento hasta estabilizarse en la década de los 90 aproximado de 90 MTep/T USD. A partir del 2000 se empieza a tener una reducción de la intensidad energética fruto del desarrollo experimentado en la región y a múltiples políticas de desarrollo productivo y emprendimiento de programas de eficiencia energética. El plan de eficiencia energética introducido por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable establece el cambio a luminarias eficientes, refrigeradoras, aires acondicionados y calefones. [4]

⁶ **MTep.** Millones de Toneladas de Petróleo Equivalente.

⁷ **T USD.** Billones de Dólares Estadounidense.

CAPITULO II
FUNDAMENTACION TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Referencial.

A continuación se expresan trabajos de investigación de redes inalámbricas móvil Ad-Hoc, IoT y control del consumo eléctrico en las viviendas, los cuales se encuentran relacionados con la presente investigación.

➤ Redes Inalámbrica Wireless LAN.

El documento de investigación a continuación describe las ventajas del uso de redes inalámbricas, definiciones de sus características más importantes, los diferentes términos utilizados, clasificación de las redes inalámbricas existentes, su funcionamiento, la descripción de los estándares utilizados y la manera de cómo desarrollar su instalación. [5]

➤ Infraestructura de Eventos Para El Internet de Las Cosas.

Según este trabajo de investigación se presenta una infraestructura para el Internet de las Cosas, la cual utiliza una red de sensores, donde almacena eventos mediante un modelo de comunicaciones basado en la publicación/suscripción de eventos que son enviados a una red externa para el acceso de los usuarios. Este proyecto está pensado para la futura recolección de datos del entorno para una *Smart City*. [6]

➤ Configuración DHCP En Redes MANET Subordinadas.

Aquí se presentan diferentes términos encontrados en el estudio de las redes móviles Ad-Hoc, como también la aplicación del protocolo DHCP en su topología y el protocolo de encaminamiento AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector), mostrando las características de sus diferentes mensajes de control. [7]

➤ Caso de Estudio de Comunicaciones Seguras Sobre Redes Móviles Ad-Hoc.

En este documento se enfoca en el estudio de los diferentes aspectos empleados en las redes móviles Ad-Hoc como son; la conservación de energía utilizada por los dispositivos, el ancho de banda limitado para la conexión de los diferentes nodos y la seguridad de sus medios compartidos sin comprometer la Confidencialidad, Integridad, Autenticación y no repudio. [8]

➤ **Caracterización del consumo de energía en Viviendas para Proponer y Evaluar Tecnologías Ahorradoras.**

Este trabajo de investigación se basa en el estudio de los consumos energético de gas licuado de petróleo y de energía eléctrica destinada a la iluminación, en una unidad habitacional de clase media para posteriormente evaluar los ahorros de combustible y electricidad por sustitución de equipos convencionales mediante la implementación de nuevas tecnologías. [9]

➤ **Arquitectura e Implementación de un Sistema Distribuido de Detección de Sismos para Alerta Temprana.**

El siguiente documento aborda la implementación de una red de sensores inalámbrico que envían información acerca de sus cambios de aceleración, y un servidor encargado de la detección, encargados de notificar a la aplicación cliente la ocurrencia del evento, también es posible encontrar la implementación del protocolo MQTT para la notificación al usuario. [10]

➤ **Desarrollo e Implementación de un Sistema de Medición, Monitoreo y Control de Carga Eléctrica Para Aplicaciones Domésticas.**

El documento a continuación se basa en la descripciones del abastecimiento de energía eléctrica, los diferentes términos encontrados en este sector, el sistema tarifario del consumo eléctrico del Ecuador, también la utilización los artículos correspondientes de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico en la cual se basa el estado para satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país. [11]

➤ **Eficiencia del Consumo Eléctrico en el Sector Residencial Urbano de Cuenca.**

El siguiente proyecto se analiza la eficiencia del consumo energía eléctrica, principalmente en el cantón de Cuenca, además examina estrategias de prácticas para la reducción del consumo eléctrico También es posible encontrar la situación actual y programas de eficiencia energética aplicada al sector residencial en el Ecuador. [12]

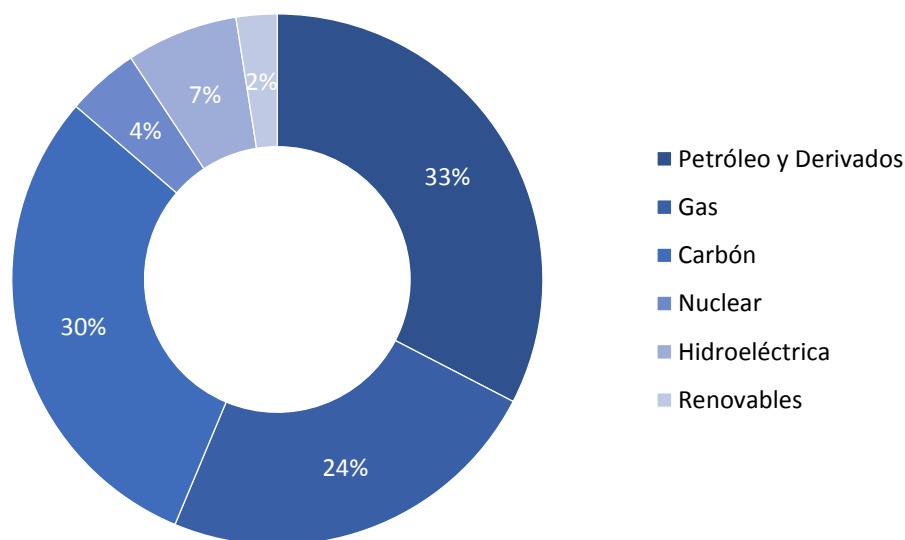
2.2. Marco Teórico.

2.2.1. Demanda de Energía.

La demanda mundial de energía es cada vez mayor. Se prevé que de aquí al 2023 la demanda mundial de energía aumentará un 1,6% al año, lo que en total representará un incremento del 45% (Organización Internacional de Energía [OIE], 2008). En consecuencia, las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía aumentarán un 1.7% por año hasta alcanzar 40,400 millones de toneladas en 2030, lo que equivale a un aumento del 55% en relación con los niveles de 2004 (OIE, 2006). [13]

El aumento de la demanda energética constituye un desafío particular y una oportunidad única para los países en desarrollo y en transición. Se espera que de aquí a 2030 estos países generaran el 80% del crecimiento económico mundial, el 76% del crecimiento mundial de la demanda energética y el 64% del aumento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía. [13]

Figura 1. Consumo de energía primaria mundial 2014.



Autor: BP Statistical Review of World Energy 2015

Fuente: http://www.bp.com/es_es/spain/prensa/notas-de-prensa/2015/bp-presenta-bp-statistical-review-2015.html

En 2014 el mercado de energía ha estado sometido a importantes cambios que terminaron con la calma de los años anteriores y que ha tenido efectos sobre los precios, el mix global de combustibles y las emisiones mundiales de dióxido de carbono.

2.2.2. Producción de Energía en el Ecuador.

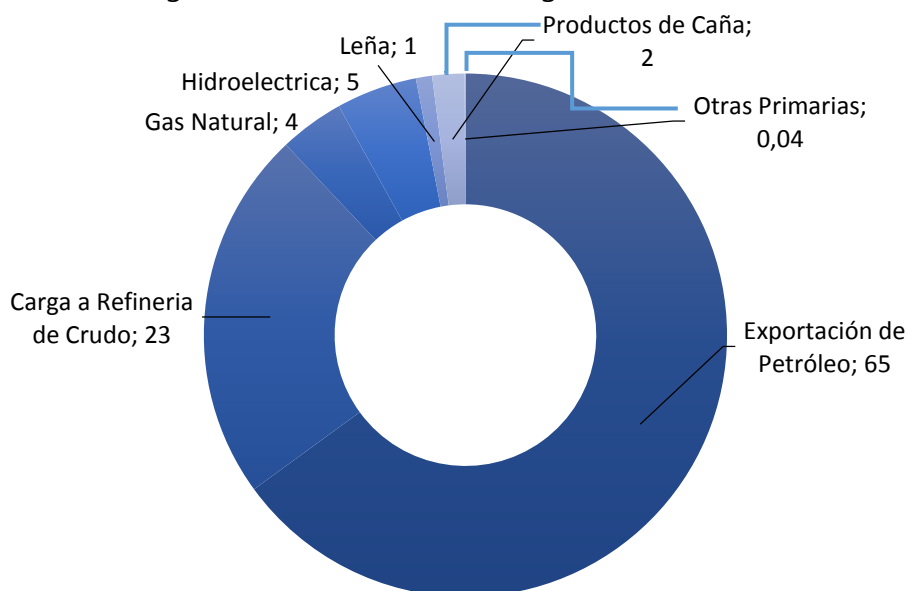
2.2.2.1. Energía Primaria

La energía que se obtiene de la naturaleza se denomina energía primaria: por ejemplo, el petróleo o el carbón. La energía primaria no puede utilizarse directamente; para poder utilizarlas son necesarias sucesivas operaciones de transformación y transporte, desde el yacimiento a la planta de transformación. [14]

La matriz de energía primaria del Ecuador, ha sido predominada históricamente por la producción de petróleo. En este sentido, es importante mencionar, que en el año 2003 tuvo lugar la puesta en marcha del Oleoducto de Crudos Pesados (OCP), que al incrementar la capacidad de transporte permitió superar el cuello de botella existente en aquella época y así aumentar la producción de petróleo en un 25% entre 2003 y 2004, la cual tenía un estancamiento en años anteriores. [2]

Al 2015, la producción de energía primaria alcanzó los 225 millones de BEP, de los cuales 88% representa el petróleo y 4% el gas natural (Figura 2). La energía renovable (hidroenergía, leña, productos de caña, energía eólica y fotovoltaica) alcanzó una participación del 7%. Cabe destacar el incremento en la producción primaria de la hidroenergía en más del 14%, productos de caña en 17% y de las fuentes eólicas y fotovoltaicas en 40%, comparado con el 2014 (Figura 3). [2]

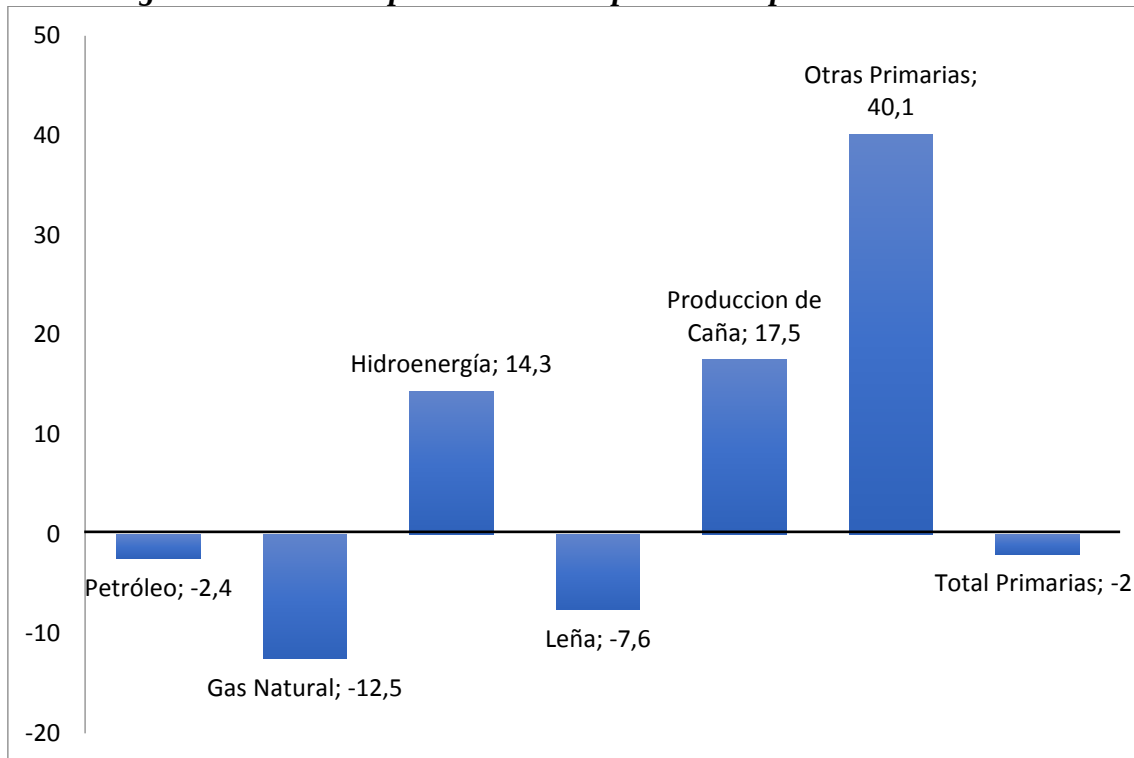
Figura 2. Producción de Energía Primaria 2015.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

Fuente: Balance Energético Nacional 2016

Figura 3. Variación porcentual en la producción primaria 2014-2015.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

Fuente: Balance Energético Nacional 2016

2.2.2.2. Energía Secundaria.

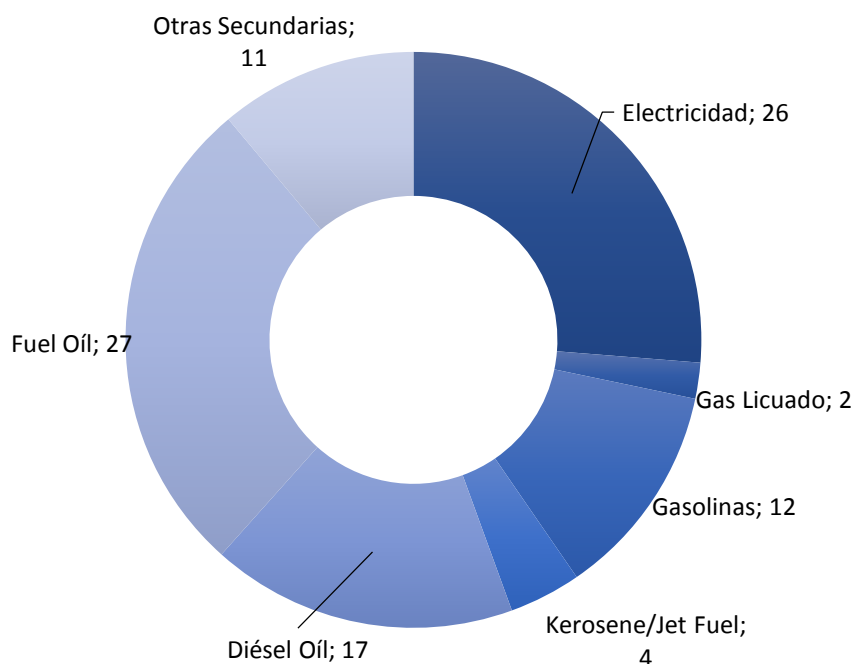
Luego de dichos procesos industriales por los que pasa esta energía primaria, finalmente se transforma en energía secundaria lista para su utilización por parte de los usuarios.

La producción total de energía secundaria se ha mantenido en niveles cercanos a los 70 millones BEP entre 2000 y 2015, con el Fuel Oil como la principal energía secundaria producida en el país, seguido por el diésel hasta el año 2011, convirtiéndose en el 2012 la electricidad la segunda fuente secundaria más producida en el Ecuador. La producción secundaria ha disminuido en 0,4% entre 2005 y 2015 [2]

Al 2015, el Fuel Oil fue el principal energético secundario producido en el Ecuador con una participación de 27%, seguido de cerca por la electricidad (Figura 4). Sin embargo, la electricidad ha venido creciendo su participación en la matriz de producción secundaria en el tiempo, lo cual entre el 2014 y 2015 representó un incremento del 7%, mientras que para el caso del Fuel Oil fue únicamente de 1%. [2]

Otros combustibles como el GLP, diésel y las gasolinas han tenido una reducción en su producción entre 2014 y 2015, hecho justificado principalmente por la paralización realizada en la refinería de Esmeraldas para su rehabilitación (Figura 5). [2]

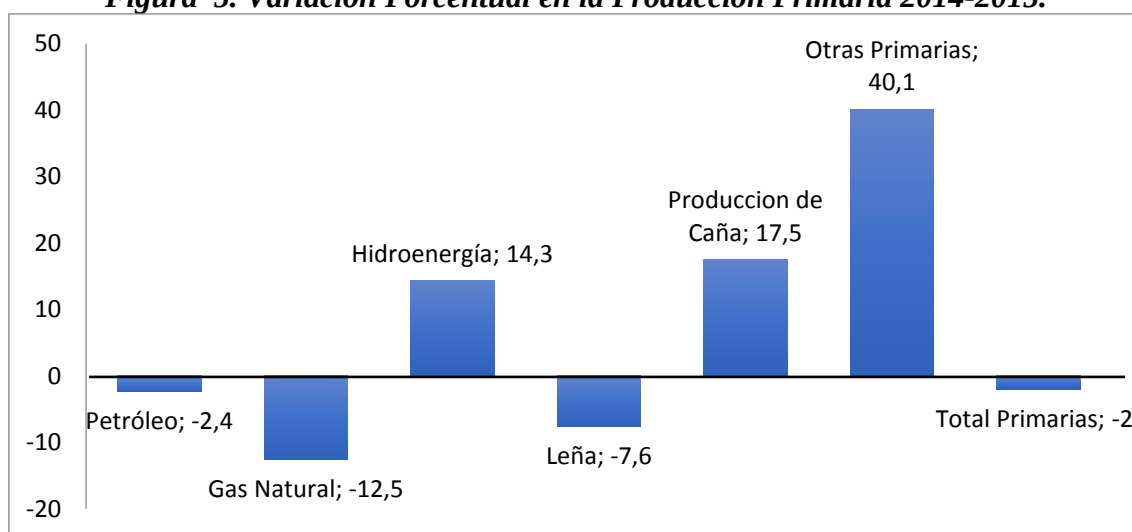
Figura 4. Producción de Energía Secundaria 2015.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

Fuente: Balance Energético Nacional 2016

Figura 5. Variación Porcentual en la Producción Primaria 2014-2015.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

Fuente: Balance Energético Nacional 2016

2.2.3. Oferta de Energía Eléctrica en el Ecuador.

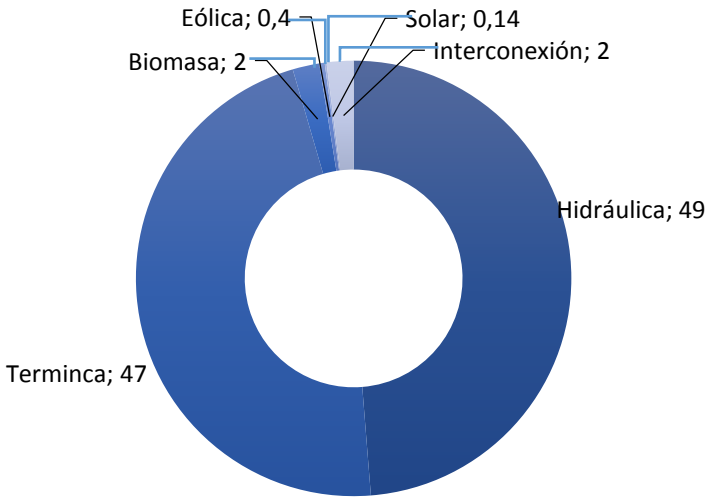
La oferta de energía eléctrica ha incrementado de 15.127 GWh⁸ en 2005 a 26.462 GWh en 2015, lo cual representa un incremento del 75%. Es importante enfatizar que este

⁸ GWh. Símbolo del Gigavatio-hora.

incremento corresponde a generación propia y a una reducción en las importaciones de electricidad. [2]

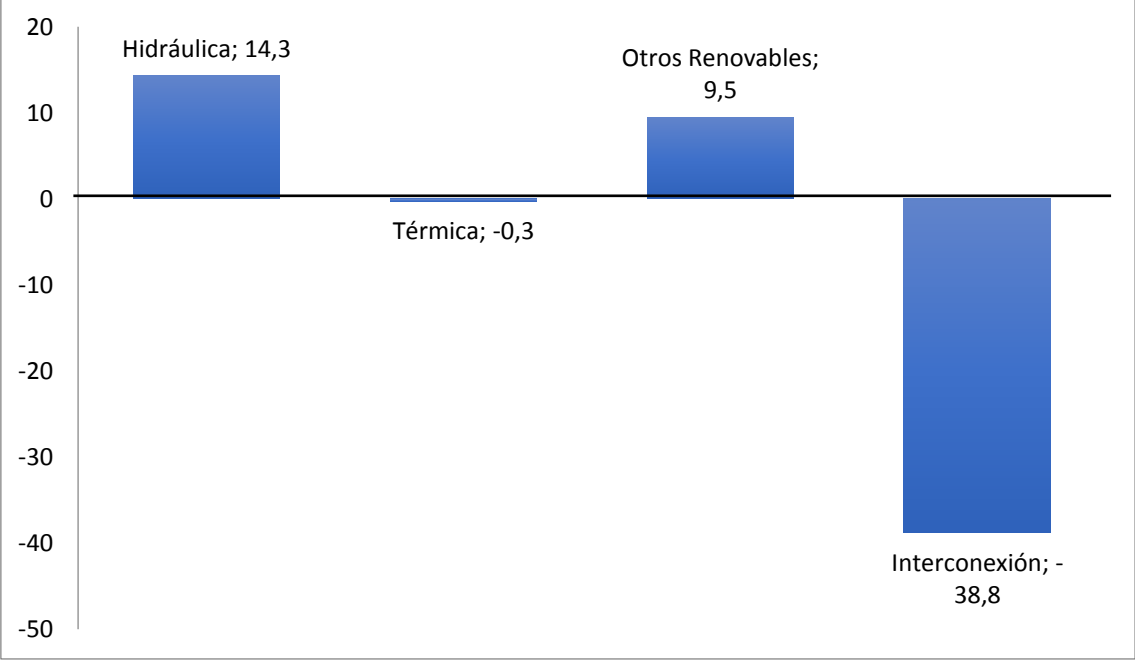
La oferta de energía eléctrica en 2015 fue 49% proveniente de la hidroenergía, 47% térmica, 2% de otras fuentes renovables y 2% de la interconexión con Colombia y Perú (Figura 6). Comparando la generación de energía eléctrica en el 2015 con el 2014, la generación hidroeléctrica y la proveniente de otras fuentes renovables incrementó en 14.3% y 9.5% respectivamente, mientras que la termoelectricidad se redujo en 0,3% y la importación disminuyó en 39% (Figura 7). [2]

Figura 6. Generación Eléctrica por Fuente 2015.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos
Fuente: Balance Energético Nacional 2016

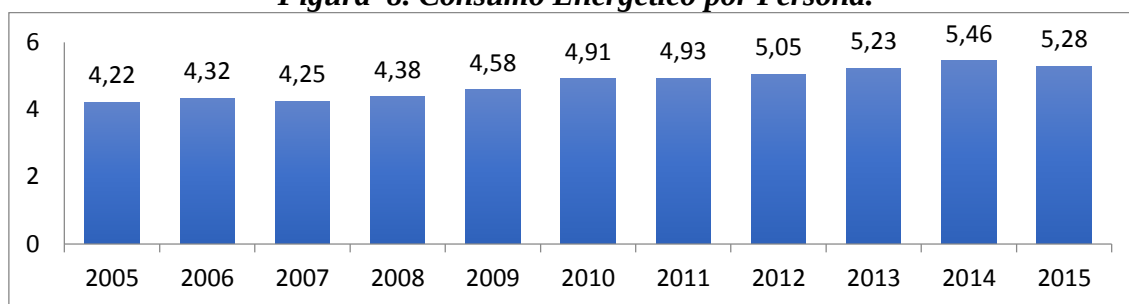
Figura 7. Variación Porcentual de la Generación Eléctrica por Fuente 2014-2015.



2.2.4. Consumo Energético por Persona.

En base a esto, se presentó un ascenso en el consumo energético per cápita en el país del orden del 25%, pasando de 4,22 BEP⁹/Hab¹⁰ en 2005 a 5,28 BEP/Hab. No obstante, dicho crecimiento, y con una tasa anualizada del 2,3%, se puede notar que el crecimiento del consumo per cápita disminuyó en el año 2015 respecto al 2014, pasando de 5,46 BEP/Hab a 5,28 BEP/Hab, debiéndose principalmente a la desaceleración de la economía para estos años (Figura 8). [2]

Figura 8. Consumo Energético por Persona.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

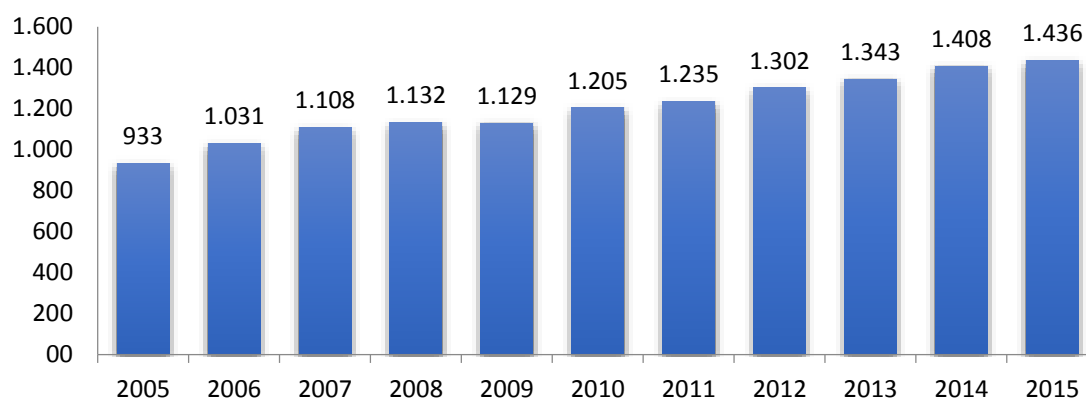
Fuente: Balance Energético Nacional 2016

Mientras tanto entre los años 2005 y 2015, el consumo eléctrico por persona se incrementó en 54%, pasando de 933 kWh/per cápita a 1.436 kWh por habitante. Esto debe entenderse como un mejoramiento de las condiciones de vida de los ecuatorianos, considerando un incremento del 90% en el consumo eléctrico en ese periodo de tiempo. Mientras tanto, el consumo eléctrico per cápita aumentó en 2% entre 2014 y 2015 (Figura 9). [2]

⁹ BEP. Barriles Equivalentes de Petróleo

¹⁰ Hab. Persona que vive habitualmente en un lugar determinado y forma parte de su población.

Figura 9. Consumo Eléctrico por Persona.



Autor: Ministerio Coordinador de Sector Estratégicos

Fuente: Balance Energético Nacional 2016

2.2.5. Eficiencia Energética.

La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad. [15]

Buenos hábitos de consumo energético, a nivel residencial, pueden reducir el consumo de energía eléctrica entre un 10% y 20%. Lo que se traduce en un ahorro mensual de dinero en el pago de la cuenta de electricidad. [15]

Entre las estrategias implementadas para el uso eficiente de energía se destacan: la ejecución de planes, programas y proyectos; la adopción de políticas, normas, regulaciones y esquemas tarifarios para el uso eficiente de la energía; y la difusión de los proyectos de mejora en calidad y cobertura del sistema eléctrico. [15]

2.2.6. Planes de Eficiencia Eléctrica en el Ecuador.

2.2.6.1. Focos Ahorradores.

El proyecto “Sustitución de focos ahorradores y disposición final de lámparas de descarga” inició en el 2008 y estuvo dirigido al sector residencial, con un enfoque principal en la población de sectores vulnerables del país. [15]

Ilustración 1. Entrega de Focos Ahorradores en los barrios populares.



Autor: Armijos Andes D.

Fuente: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/ecuador-entregara-800-mil-focos-ahorradores-incentivar-ahorro-energia-poblacion.html>

Durante la implementación del proyecto se logró la sustitución de 15 millones de focos en todo el país, beneficiando a más de 3 millones de familias, evitando el consumo de 284 GWh y la emisión de 144 mil toneladas de CO₂ al ambiente, equivalente a tener más de 28 mil vehículos fuera de circulación. [15]

2.2.6.2. Alumbrado Público.

El proyecto (2010-2014) logró financiar el reemplazo de 61.610 luminarias ineficientes del alumbrado público. Se obtuvo un ahorro de 20 GWh anuales, lo que equivale a un ahorro promedio de USD 1,8 millones. Con este proyecto se dejó de emitir 10 mil toneladas de CO₂ al ambiente, lo que equivale a tener 2 mil vehículos fuera de circulación. [15]

2.2.6.3. Programa Emblemático RENOVA. Proyecto No. 1 Sustitución de Refrigeradoras

El objetivo de este programa fue la sustitución de 330.000 refrigeradoras ineficientes a nivel nacional durante 5 años. Desde el inicio del programa y hasta abril de 2016, las Empresas Eléctricas de Distribución realizaron la sustitución de 94.286 refrigeradoras a nivel nacional. Esto produjo un ahorro aproximado de 140.334,70 MWh acumulado de electricidad, evitando la emisión de 26.978,45 Toneladas de CO₂ al ambiente, beneficiando a 358.287 personas de forma directa. [15]

Ilustración 2. Cliente renueva su Refrigeradora antigua por una nueva y eficiente.



Autor: Ministerio de Electricidad y Energía Renovable

Fuente: <http://www.energia.gob.ec/plan-renova-refrigeradora-continua-en-toda-el-area-de-concesion-de-centrosur/>

2.2.6.4. Eficiencia Energética en la industria

En el sector industrial se han implementado Sistemas de Gestión de Energía (SGE) a través de la aplicación de estándares internacionales, tales como la norma ISO 50.001. Para su aplicación fueron capacitados aproximadamente 2.000 técnicos a nivel nacional, los cuales recibieron un entrenamiento para la identificación y aplicación de mejoras en sistemas motrices eléctricos y a vapor. [15]

Con la implementación del proyecto en 39 industrias se logró: un ahorro de energía de 13.397 MWh, equivalentes a USD 1.607.695 (costo 0,12 USD/kWh); la reducción de más de 2.086.288 galones de diésel, que representó un ahorro a las industrias de USD 2.395.257 (precio internacional 1,14 USD/galón diésel); se dejó de consumir 61.095 kg de GLP, es decir, USD 20.833 (0,34 USD/kg) y 287.927 galones de bunker equivalentes a USD 279.289 (costo 0,97 USD/galón), implicando una reducción total de 31.000 Toneladas de CO₂, lo que equivale a la salida de circulación de 6.200 vehículos en 1 año. [15]

2.2.6.5. Programa de Eficiencia Energética para Cocción por Inducción y Calentamiento de Agua con Electricidad en el Sector Residencial– PEC

A través de este programa, el Gobierno aspira a sustituir en los hogares de los clientes residenciales del sistema eléctrico aproximadamente 3 millones de cocinas a gas por cocinas de inducción, así como también 750.000 calefones a gas por sistemas eléctricos de calentamiento de agua. [15]

Ilustración 3. Cocinas de Inducción fabricadas en Ecuador.



Autor: Ecuavisa

Fuente: <http://www.ecuavisa.com/articulo/noticias/nacional/188451-ecuador-ya-no-importara-cocinas-induccion-china>

El programa busca contribuir al cambio de la matriz energética del país a través de la reducción sustancial de la demanda de GLP en el sector residencial. Esto permitirá disminuir las importaciones y minimizar el gasto del Estado en subsidios para este combustible por un monto aproximado de USD 700 millones al año, lo cual contribuirá al mejoramiento de la balanza comercial del país y también al cambio de la matriz productiva por la transferencia tecnológica y la producción nacional de electrodomésticos de alta eficiencia. [15]

Hasta junio de 2016 se han instalado más de 400 mil cocinas a nivel nacional, obteniendo un ahorro de energía de aproximadamente 531.667 MWh (por la sustitución de GLP (Gas Licuado de Petróleo) en la conversión tecnológica), lo que equivale a evitar la emisión de 266 mil Toneladas de CO₂ o retirar de circulación a 53 mil vehículos. [15]

2.2.6.6. Aseguramiento de la eficiencia energética en los sectores público y residencial del Ecuador

El proyecto busca incrementar el empleo de aparatos eléctricos eficientes en los sectores público y residencial, lo que contribuirá a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Para lograrlo, se plantea lo siguiente:

- Reforzar la política del sector, mejorando la coordinación y mandatos de entidades de gobierno.
- Apoyar el establecimiento de laboratorios adecuados para cumplir con la verificación y desarrollo de estándares.
- Contribuir al diseño y aplicación de estándares de eficiencia energética para equipos eléctricos.

- Apoyo a procesos de sustitución de aparatos eléctricos ineficientes.

En este sentido, se establece como objetivo el incremento paulatino de la comercialización en el mercado nacional de artefactos y equipos eléctricos de máxima eficiencia energética. Esto generará beneficios energéticos, económicos y ambientales al país. [15]

2.2.6.7. Elaboración de la norma para vehículos eléctricos

El MEER (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable) es partícipe de un comité interinstitucional enfocado en formular los requerimientos normativos y de infraestructura para la incorporación de vehículos eléctricos en el Ecuador. A la fecha se cuenta con el Pliego Tarifario para Empresas Eléctricas – Servicio Eléctrico (2016), donde se establecen los cargos tarifarios para un régimen de carga liviana o lenta, recomendado para nivel de baja tensión hasta 10 kW. Esta iniciativa apunta a la regulación de la recarga eléctrica vehicular mediante la emisión de un reglamento técnico ecuatoriano (RTE) emitido a través del INEN. [15]

2.2.6.8. Elaboración de la norma ecuatoriana de la construcción (NEC)

El MEER, en conjunto con el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) y varias entidades participantes, elaboró los capítulos de Eficiencia Energética, Calefacción y Climatización de la NEC. Esto motivará a la población ecuatoriana a construir viviendas eficientes desde el punto de vista energético y a mejorar sus hábitos de consumo de los recursos. [15]

2.2.6.9. Otras medidas

Con el propósito de apoyar la implementación de los programas y proyectos descritos previamente, el MEER también ha desarrollado varios incentivos tributarios y financieros, tales como: restricción de comercialización de equipos ineficientes; preferencias arancelarias y tributarias para equipos eficientes (ej. cocinas de inducción); tarifas eléctricas residenciales e industriales con señales de eficiencia; esquema tarifario para la introducción de vehículos eléctricos. [15]

2.2.7. Pliego Tarifario.

El Pliego Tarifario se sujeta a las disposiciones establecidas en la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica - LOSPEE, dentro de las Disposiciones Fundamentales, en su Artículo 3, Definiciones, en el numeral 12 se establece:

“Pliego Tarifario: Documento emitido por el ARCONEL, que contiene la estructura tarifaria a aplicarse a los consumidores o usuarios finales, y los valores que le corresponde a dicha estructura, para el servicio público de energía eléctrica...” [16]

2.2.8. Pliego tarifario para empresas eléctricas de distribución.

Es jurisdicción de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), la aprobación de los Pliegos Tarifarios para el servicio de energía eléctrica. Para su aplicación se deben considerar las siguientes definiciones:

2.2.8.1. Tarifas al consumidor final.

Estarán destinadas a toda persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación del servicio público de energía eléctrica, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. La correcta aplicación de estas tarifas estará a cargo de los Distribuidores en su zona de concesión. [17]

2.2.8.2. Tarifas de transmisión y pasajes de distribución.

Serán los pagos que deberán realizarse a favor del Transmisor o del Distribuidor, respectivamente, por quienes utilicen sus instalaciones. La liquidación de estos pagos estará a cargo del CENACE en coordinación con el Transmisor y los Distribuidores. [17]

2.2.8.3. Punto de entrega.

Se entenderá como Punto de Entrega el lado de la carga del sistema de medición, es decir, los terminales de carga del medidor en los sistemas de medición directa y el lado secundario de los transformadores de corriente en los sistemas de medición indirecta o semi-directa, independientemente de donde estén ubicados los transformadores de potencial. [17]

2.2.8.4. Mediciones Directas.

Tipo de conexión en el cual las señales de tensión y de corriente que recibe el medidor son las mismas que recibe la carga. [17]

2.2.8.5. Medición Semidirectas.

Tipo de conexión en el cual las señales de tensión que recibe el medidor son las mismas que recibe la carga y las señales de corriente que recibe el medidor provienen de los respectivos devanados secundarios de los transformadores de corriente (T.C.) utilizados para transformar las corrientes que recibe la carga. [17]

2.2.8.6. Medición Indirectas.

Tipo de conexión en el cual las señales de tensión y de corriente que recibe el medidor provienen de los respectivos devanados secundarios de los transformadores de tensión (T.P.) y de corriente (T.C.) utilizados para transformar las tensiones y corrientes que recibe la carga. [17]

2.2.8.7. Consumidor Comercial.

Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para fines de negocio, actividades profesionales o cualquier otra actividad con fines de lucro. [17]

2.2.8.8. Consumidor Industrial.

Persona natural o jurídica, pública o privada, que utiliza los servicios de energía eléctrica para la elaboración o transformación de productos por medio de cualquier proceso industrial. También se debe considerar dentro de esta definición a los agroindustriales, en los cuales existe una transformación de productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos elaborados. [17]

2.2.8.9. Facturación mensual por servicio público de energía eléctrica.

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, en su artículo 60 establece:

“En la factura correspondiente al consumo de servicio público de energía eléctrica, a los consumidores o usuarios finales, se incluirá, única y exclusivamente, los rubros correspondientes a los servicios que presta la empresa eléctrica,...”. [16]

Por lo tanto, la facturación corresponde a la sumatoria de los rubros facturados por concepto de: consumo de energía, demanda de potencia, pérdidas en transformadores, comercialización y penalización por bajo factor de potencia. [17]

2.2.8.10. Programa PEC.

Corresponde al Programa Emblemático de Eficiencia Energética para la Cocción por Inducción y el Calentamiento de Agua Sanitaria con Electricidad en sustitución del GLP en el sector residencial (PEC), cuya ejecución y lineamientos se encuentra a cargo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. [17]

2.2.8.11. Vehículo Eléctrico.

Corresponde al medio de transporte que sirve para la movilidad de carga y personas, puede estar impulsado por uno o más motores eléctricos acoplados dentro del vehículo. [17]

2.2.8.12. Gran Consumidor.

La Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, en su artículo 3, numeral 11, define al Gran consumidor como:

“Persona natural o jurídica, cuyas características de consumo definidas por la Agencia de Regulación y Control – ARCONEL-,...” “..., le facultan para acordar libremente con un generador o auto-generador privados, la compra de la energía eléctrica, para su abastecimiento.” [16]

2.2.9. Categorías y grupos de tarifas.

De conformidad con el artículo 17 de la Codificación del Reglamento de Tarifas Eléctricas, por las características de consumo se consideran tres categorías de tarifas: residencial, general y alumbrado público; y, por el nivel de tensión, tres grupos: alta tensión, media tensión y baja tensión. [17]

En consecuencia, en este pliego tarifario se consideran dos categorías de tarifas por las características de consumo: residencial y general; y, tres grupos por el nivel de tensión: alta, media y baja tensión.

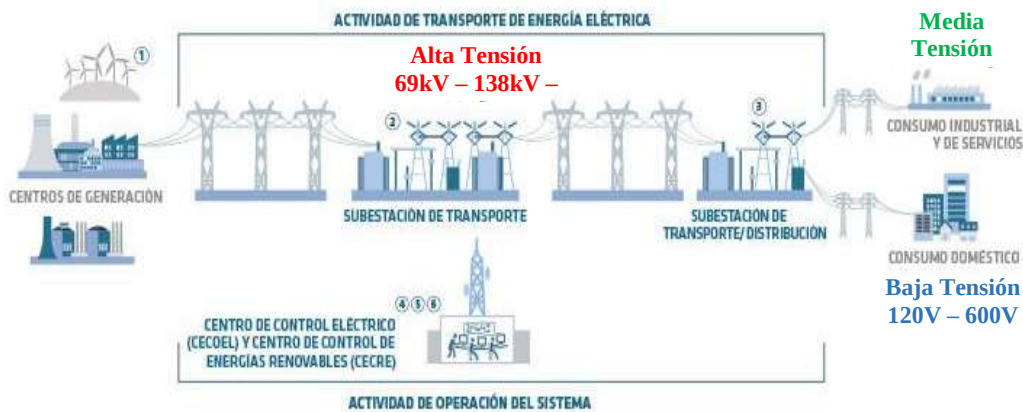
Tabla 1. Rangos especificados por el concejo nacional de electricidad.

Alta Tensión	69kV – 138kV – 230kV
Media Tensión	600V – 40kV
Baja Tensión	120V – 600V

Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad.

Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS.

Ilustración 4. Sistema de Distribución Eléctrico.



Autor: Martínez del Olmo S.

Fuente: <http://www.utilizalatecnologia.com/el-sistema-de-suministro-electrico/>.

2.2.9.1. Categorías.

- **Categoría Residencial.**

Corresponde al servicio eléctrico destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores, es decir, en la residencia de la unidad familiar independientemente del tamaño de la carga conectada. [17]

También se incluyen a los consumidores de escasos recursos económicos y bajos consumos que tienen integrada a su vivienda una pequeña actividad comercial o artesanal. [17]

- **Categoría General.**

Corresponde al servicio eléctrico destinado por los consumidores en actividades diferentes a la Categoría Residencial y básicamente comprende el comercio, la industria y la prestación de servicios públicos y privados.

2.2.10. Tarifas de baja tensión.

2.2.10.1. Tarifas Residencial.

Se aplica a todos los consumidores sujetos a la Categoría Residencial, independientemente del tamaño de la carga conectada. En el caso que el consumidor residencial sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea en Baja Tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2% en el monto total de energía consumida. [17]

El consumidor deberá pagar:

- a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b) Cargos crecientes por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

2.2.10.2. Tarifa residencial temporal.

Se aplica a los consumidores residenciales que no tienen su residencia permanente en el área de servicio y que utilizan la energía eléctrica en forma puntual para usos domésticos (fines de semana, períodos de vacaciones, entre otros). [17]

El consumidor deberá pagar:

- a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b) Un cargo único por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

2.2.10.3. Tarifa general de baja tensión.

Las tarifas generales de baja tensión se aplican a los consumidores descritos anteriores. En el caso que este consumidor sea atendido a través de un transformador de su propiedad y el registro de lectura sea de Baja Tensión, la empresa considerará un recargo por pérdidas de transformación equivalente a un 2% en el monto total de energía consumida. [17]

- **Tarifa general sin demanda.**

Se aplica a los consumidores sujetos a la Categoría General de Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea de hasta 10 kW. Dentro de este grupo se consideran las siguientes tarifas: [17]

- Comercial y Entidades Oficiales, sin demanda,
- Industrial Artesanal,
- Asistencia Social y Beneficio Público, sin demanda,
- Culto Religioso sin demanda

Estos consumidores deberán pagar:

- a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b) Cargos variables por energía expresados en USD/kWh, en función de la energía consumida.

Los cargos tarifarios únicos dispuestos en las tablas siguientes están emitidas por la ARCONEL para las empresas eléctricas de: CNEL El Oro - CNEL Esmeraldas - CNEL Guayas Los Ríos - CNEL Los Ríos - CNEL Manabí - CNEL Milagro - CNEL Santa Elena - CNEL Santo Domingo - CNEL Sucumbíos – Galápagos. Para el periodo Enero – Diciembre 2017.

Tabla 2. Cargos Tarifarios para usuarios residenciales sin demanda residencial.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
CATEGORIA	RESIDENCIAL		
NIVEL DE TENSION	BAJA Y MEDIA TENSION		
0 – 50		0.091	
51 – 100		0.093	
101 – 150		0.095	
151 – 200		0.097	
201 – 250		0.099	
251 – 300		0.101	
301 – 350		0.103	
351 – 500		0.105	1.414
501 – 700		0.1285	
701 – 1000		0.1450	
1001 – 1500		0.1709	
1501 – 2500		0.2752	
2501 – 3500		0.4360	
Superior		0.6812	
RESIDENCIAL TEMPORAL			
		0.1285	1.414

Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

- **Tarifa general sin demanda Bombeo de Agua en Comunidades campesinos sin fines de lucro.**

Se aplica en los sistemas de bombeo de agua independientemente de la demanda, que cumplan con los siguientes requisitos: [17]

- Que sean comunidades campesinas de escasos recursos económicos: -
Para bombeo de agua potable sin fines de lucro, y
- Para bombeo de agua para uso agrícola;

Los consumidores de esta tarifa deberán pagar:

- a) Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- b) Cargos variables por energía expresados en USD/kWh, en función de la energía consumida.

Tabla 3. Cargos Tarifarios para usuarios residenciales sin demanda residencial.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
CATEGORIA	GENERAL		
NIVEL DE TENSIÓN	BAJA TENSIÓN SIN DEMANDA		
	COMERCIAL		
0 - 300 Superior		0.092 1.103	1.414
	E OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS, SERVICIO COMUNITARIO		
0 - 300 Superior		0.082 0.093	1.414
	BOMBEO DE AGUA		
0 - 300 Superior		0.072 0.083	
	BOMBEO AGUA SERVICIO PÚBLICO DE AGUA POTABLE		
0 - 300 Superior		0.058 0.066	1.414
	INDUSTRIAL ARTESANAL		
0 - 300 Superior		0.083 0.099	1.414
	ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO		
0 - 100		0.034	
101 - 200		0.036	
201 - 300		0.038	1.414
Superior		0.063	

Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

- **Tarifas general con demanda.**

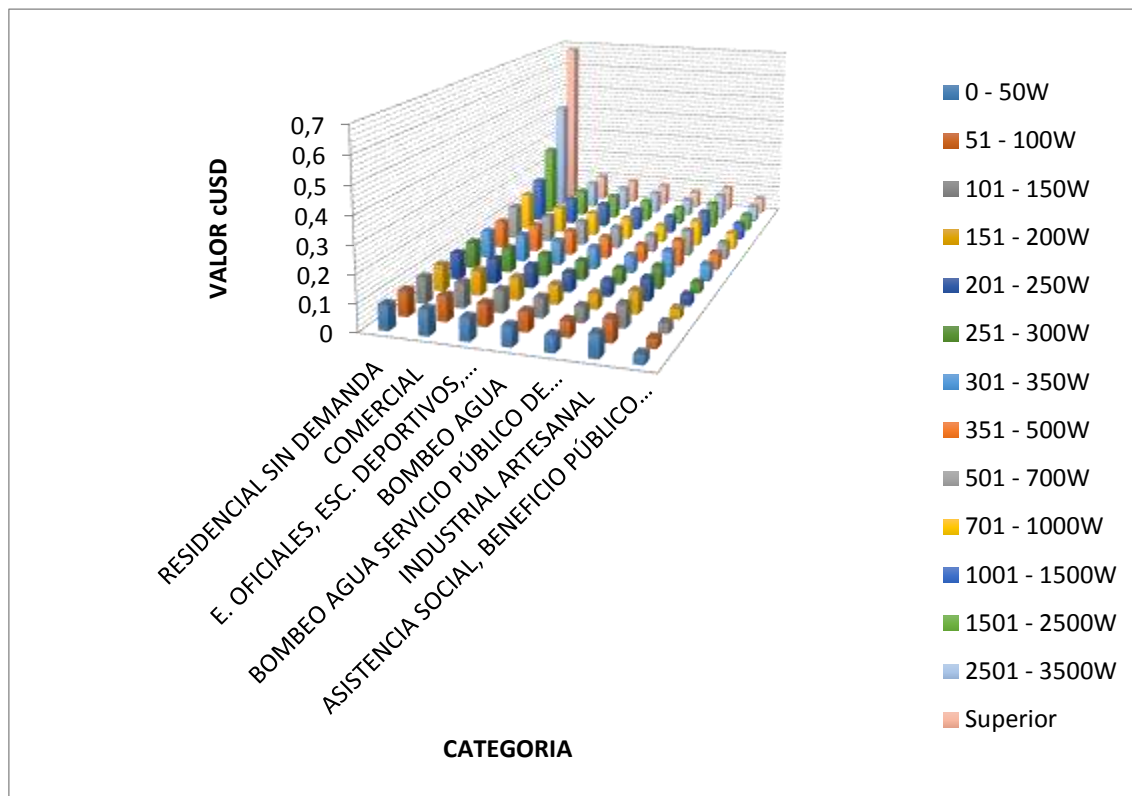
Se aplica a los consumidores de la Categoría General de Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea superior a 10 kW, que disponen de un registrador de demanda máxima o para aquellos que tienen potencia calculada, definida en el numeral 8. [17]

El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por potencia en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo.
- Un cargo por energía en USD/kWh, en función de la energía consumida.

En el caso de los consumidores de asistencia social y beneficio público, que cumplan con la condición de una potencia contratada o demanda facturable superior a 10 kW, se aplican los mismos cargos tarifarios definidos para estos consumidores en el numeral 5.3 de este pliego tarifario. [17]

Figura 10. Cargos Tarifarios Baja Tensión sin demanda.



Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

Tabla 4. Cargos Tarifarios general Baja Tensión con demanda.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
BAJA TENSIÓN CON DEMANDA			
COMERCIALES E INDUSTRIALES			
	4.790	0.090	1.414
ENTIDADES OFICIALES, ESCENARIOS DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES			
	4.790	0.080	1.414
BOMBEO DE AGUA			
	4.790	0.070	1.414

Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad

Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

- Tarifa general de baja tensión con registro de demanda Horaria.

Se aplica a los consumidores de la Categoría General de Baja Tensión, cuya potencia contratada o demanda facturable sea superior a 10 kW, que dispongan de un registrador de demanda horaria que permita identificar los consumos de energía y demanda de potencia en los períodos horarios de punta, media y base, con el objeto de incentivar el uso de energía en las horas de menor demanda (22h00 hasta las 07h00). [17]

El consumidor deberá pagar:

- Un cargo por comercialización en USD/consumidor, independiente del consumo de energía.
- Un cargo por demanda en USD/kW, por cada kW de demanda facturable, como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por un factor de corrección (FC).
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida en el período de 07h00 hasta las 22h00, que corresponde al cargo por energía de la tarifa del numeral 4.4.3.
- Un cargo por energía expresado en USD/kWh, en función de la energía consumida, en el período de 22h00 hasta las 07h00, que corresponde al cargo por energía del literal anterior disminuido en 20% y que estará definido en el cuadro de los cargos tarifarios.

Para su aplicación, se debe establecer la demanda máxima mensual del consumidor durante las horas de pico de la empresa eléctrica (18h00 a 22h00) y la demanda máxima mensual del consumidor, el cargo por demanda aplicado a estos consumidores debe ser ajustado mediante un factor de corrección (FC). [17]

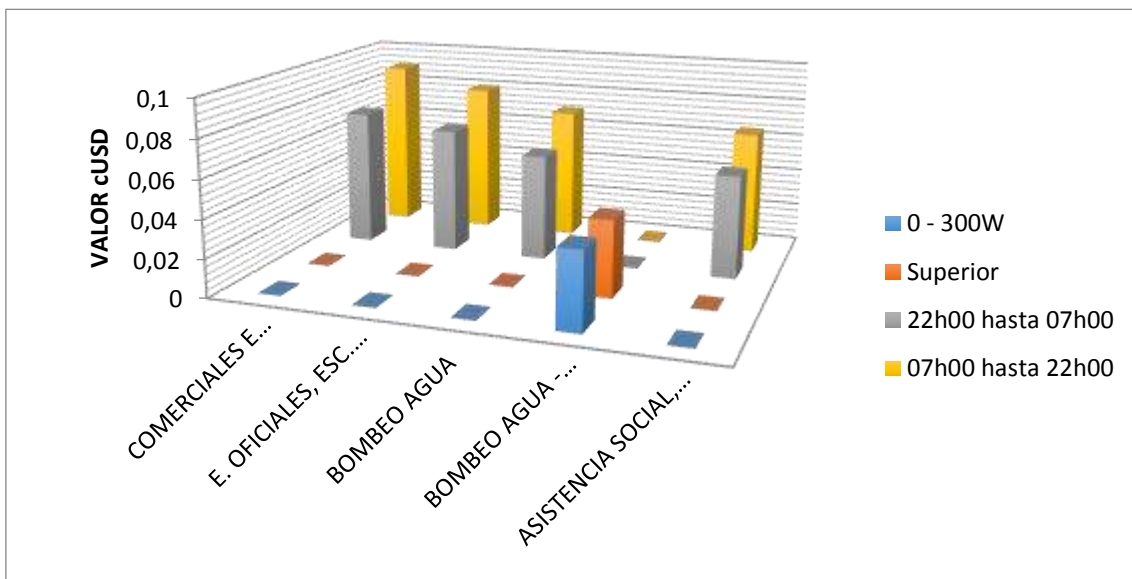
Tabla 5. Cargos Tarifarios para usuarios general Baja Tensión con registro de demanda horaria.

RANGO DE CONSUMO	DEMANDA (USD/kW)	ENERGÍA (USD/kWh)	COMERCIALIZACION (USD/consumidor)
NIVEL TENSIÓN	BAJA TENSIÓN CON DEMANDA		
	COMERCIALES E INDUSTRIALES		
07h00 hasta 22h00	4.790	0.090	1.414
22h00 hasta 07h00		0.072	
	E. OFICIALES, ESC. DEPORTIVOS SERVICIO COMUNITARIO, AUTOCONSUMOS Y ABONADOS ESPECIALES		
07h00 hasta 22h00	4.790	0.080	1.414
22h00 hasta 07h00		0.066	
	BOMBEO DE AGUA		
07h00 hasta 22h00	4.790	0.070	1.414
22h00 hasta 07h00		0.056	
NIVEL TENSIÓN	BAJA Y MEDIA TENSIÓN		

BOMBEO AGUA - COMUNIDADES CAMPESINAS DE ESCASOS RECURSOS ECONÓMICOS SIN FINES DE LUCRO		
0 – 300	0.040	0.700
Superior	0.040	
ASISTENCIA SOCIAL, BENEFICIO PÚBLICO Y CULTO RELIGIOSO CON DEMANDA		
	3.000	1.414
07h00 hasta 22h00	0.065	
22h00 hasta 07h00	0.054	

Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad
Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

Figura 11. Tarifa general de Baja Tensión con registrador de demanda horaria.



Autor: Agencia de Regulación y Control de Electricidad
Fuente: PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELECTRICAS

2.3. Marco Conceptual.

1.1.1. Redes Inalámbricas Multisalto.

Las redes inalámbricas multisalto engloban una gran cantidad de redes que comparten el mismo concepto, utilizar a sus vecinos para llegar a su destino. La Ilustración 5 muestra un ejemplo de esta comunicaciones donde el nodo A necesita comunicarse con el nodo C para ellos utilizan al nodo B para llegar a su destino. [18]

Ilustración 5. Redes Multisalto.



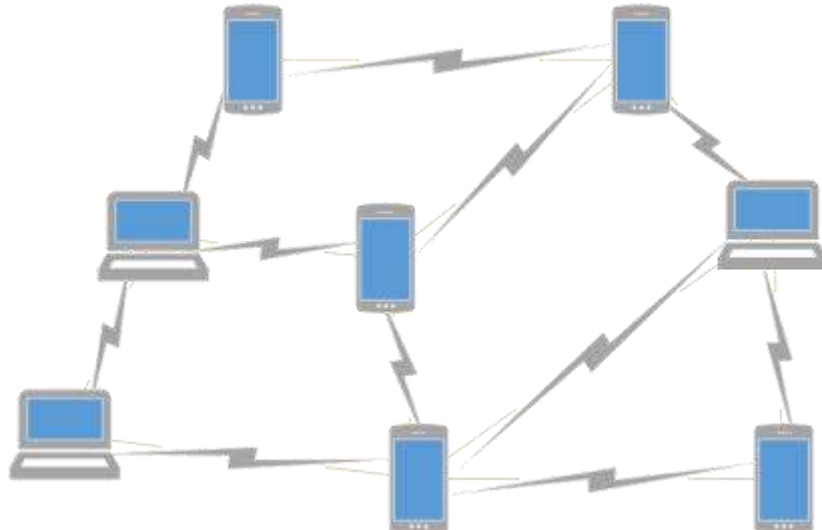
Autor: ALONSO, N. O.

2.3.1. Redes Ad-Hoc.

Una red móvil ad hoc o MANET (del inglés Mobile Ad-hoc Networks) se componen por colecciones de nodos fijos y móviles conectados por radio, los cuales libremente y de forma dinámica se auto-configuran en topologías arbitrarias temporales, permitiendo una conexión permanente en áreas sin infraestructura. [18]

Cualquier ordenador con un adaptador de red inalámbrico que tenga configurados los mismos parámetros anteriores y que este dentro del área de cobertura radioeléctrica del resto formara parte de la red. Por tanto, para añadir nuevos ordenadores a la red, simplemente hay que copiar los parámetros de cualquiera de los ordenadores ya conectados y configurárselos al nuevo correspondiente.

Ilustración 6. Estructura de una red Ad-Hoc.



***Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)***

Especialmente en los últimos años, con los rápidos avances en la investigación de redes ad hoc móviles, las redes ad hoc móviles han atraído considerable atención e interés del sector comercial y de la comunidad de estándares. La introducción de nuevas tecnologías como Bluetooth, IEEE 802.11 e Hiperlan facilita enormemente el despliegue de tecnología ad hoc fuera del dominio militar. Como resultado, muchas nuevas aplicaciones de redes ad hoc han sido concebidas desde entonces para ayudar a permitir nuevas comunicaciones comerciales y personales más allá del dominio de las redes tácticas, incluyendo redes de área personal, redes domésticas, operaciones policiales, operaciones de búsqueda y rescate, Aplicaciones, redes de sensores, etc. La Tabla 6 muestra la clasificación de las aplicaciones actuales y futuras, así como los servicios de ejemplo que proporcionan. [19]

2.3.1.1. Características y ventajas.

MANETs heredan características comunes que se encuentran en las redes inalámbricas en general, y añaden características específicas de la red ad hoc:

- **Wireless.** Los nodos se comunican de forma inalámbrica y comparten los mismos medios (radio, infrarrojos, etc.).
- **Ad-hoc.** Una red ad hoc móvil es una red temporal formada dinámicamente de una manera arbitraria por una colección de nodos cuando surge la necesidad.
- **Autónomos y sin infraestructura.** MANET no depende de ninguna infraestructura establecida ni de una administración centralizada. Cada nodo opera distribuido P2P¹¹, actúa como un enrutador independiente y genera datos independientes.
- **Enrutamiento Multisalto.** No son necesarios routers dedicados; Cada nodo actúa como un enrutador y reenvía el paquete de cada uno de los demás para permitir el intercambio de información entre los hosts móviles.
- **Movilidad.** Cada nodo es libre de moverse al mismo tiempo que se comunica con otros nodos, haciendo que los patrones de comunicación entre los nodos cambien continuamente.

Las redes inalámbricas ad hoc eliminan los inconvenientes de la infraestructura y permiten a los dispositivos crear y unirse a redes en cualquier momento, en cualquier momento y en cualquier lugar, para prácticamente cualquier aplicación. [19]

Tabla 6. Aplicaciones de redes móviles Ad-Hoc.

Aplicaciones	Descripciones / Servicios
Redes Tácticas	Comunicación militar, operaciones. Campos de Batalla Automatizados
Redes de Sensores	Recopilación de dispositivos de sensor integrados utilizados para recopilar datos en tiempo real para automatizar las funciones diarias. Datos altamente correlacionados en tiempo y espacio, por ejemplo, sensores remotos para el tiempo, actividades terrestres; Sensores para equipos de fabricación. Puede tener entre 1000-100.000 nodos, cada nodo recolectando datos de muestra, luego reenviando los datos al host centralizado para su procesamiento utilizando tasas bajas homogéneas.
Servicios de Emergencias	Operaciones de búsqueda y rescate, así como plan de recuperación ante desastres; Por ejemplo, la recuperación temprana y la transmisión de los datos del paciente (registro, estado, diagnóstico) desde / hacia el hospital.

¹¹ **P2P.** (Res entre Pares) Es una red de ordenadores en la que todos o algunos aspectos funcionan sin clientes ni servidores fijos, sino una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí.

	Reemplazo de una infraestructura fija en caso de terremotos, huracanes, incendios, etc.
Entornos Comerciales	E-Commerce, por ejemplo, pagos electrónicos desde cualquier lugar (es decir, en un taxi).
	Negocio: El acceso dinámico a los archivos de los clientes almacenados en una ubicación central sobre la marcha proporcionan bases de datos coherentes para todos los agentes de oficina móvil
	Servicios Vehiculares: Transmisión de noticias, condiciones de carreteras, clima, música local ad hoc de red con vehículos cercanos para la orientación de carretera / accidente
Redes Domésticas y Empresariales	Red inalámbrica de oficina (WLAN), por ejemplo, aplicación de pizarra compartida, uso de PDA para imprimir en cualquier lugar, ferias comerciales
	Red de área personal (PAN)
Aplicaciones Educativas	Configurar aulas virtuales o salas de conferencias
	Establecer comunicación ad hoc durante conferencias, reuniones o conferencias
Entretenimiento	Juegos Multiusuario
	Animales robóticos
	Acceso a Internet al aire libre
Servicios de localización	Servicios de seguimiento, por ejemplo, reenvío automático de llamadas, transmisión del área de trabajo actual a la ubicación actual
	Servicios de información, por ejemplo: Anunciar un servicio específico de la ubicación, como estaciones de servicio Guía de viaje dependiente de la posición; Servicios (impresora, fax, teléfono, servidor, gasolineras) información de disponibilidad; Cachés, resultados intermedios, información de estado, etc.

Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

2.3.1.2. Problemas y restricciones de diseño.

Como se describe en la sección anterior, la arquitectura ad hoc tiene muchos beneficios, tales como reconfiguración, facilidad de despliegue, etc. Sin embargo, esta flexibilidad y comodidad se hacen a un precio. Las redes inalámbricas ad hoc heredan los problemas tradicionales de las comunicaciones inalámbricas, como la optimización del ancho de banda, el control de la potencia y la mejora de la calidad de la transmisión. [19]

- **No tienen infraestructura.** Las redes ad hoc móviles son múltiples conexiones inalámbricas. Esta falta de infraestructura fija además de ser inalámbrica, generan nuevos problemas de diseño en comparación con las redes fijas. Además, la falta

de una entidad centralizada significa que la administración de la red tiene que distribuirse a través de diferentes nodos, lo que trae mayor dificultad en la detección y administración de fallas.

- **Cambio dinámico de topologías de red.** En las redes móviles ad hoc, ya que los nodos pueden moverse arbitrariamente, la topología de la red, que es típicamente multisalto, puede cambiar frecuentemente e impredeciblemente, lo que resulta en cambios de ruta, frecuentes particiones de red y, posiblemente, pérdidas de paquetes
- **Limitación de Capa Física.** La interfaz de radio en cada nodo utiliza la radiodifusión para transmitir el tráfico y por lo general tiene un alcance de transmisión inalámbrico limitado, lo que resulta en problemas específicos de redes ad hoc móviles, como problemas de terminal ocultos, problemas de terminales expuestos, etc. Las colisiones son inherentes al medio, y hay una mayor probabilidad de pérdidas de paquetes debido a errores de transmisión en comparación con los sistemas de cable.
- **Ancho de banda y calidad de enlace limitada.** Debido a que los nodos móviles se comunican entre sí a través de la banda ancha limitada, capacidad variable, propenso a errores y canales inalámbricos inseguros, los enlaces inalámbricos seguirán teniendo una capacidad significativamente menor que los enlaces por cable y, por lo tanto, la congestión es más problemática.
- **Variación en las capacidades de enlace y nodo.** Cada nodo puede estar equipado con una o más interfaces de radio que tienen diferentes capacidades de transmisión / recepción y operan a través de diferentes bandas de frecuencia.
- **Operación restringida de energía.** Debido a que las baterías transportadas por cada nodo móvil tienen una potencia limitada, la potencia de procesamiento es limitada, lo que a su vez limita servicios y aplicaciones que pueden ser soportados por cada nodo.
- **Robustez y confiabilidad de la red.** En MANET, la conectividad de red se obtiene mediante enrutamiento y reenvío entre múltiples nodos. Aunque esto reemplaza las limitaciones de la conectividad de infraestructura fija, también trae desafíos de diseño. Debido a diversas condiciones como sobrecarga, actuar egoístamente o tener enlaces rotos, un nodo puede fallar al reenviar el paquete.
- **Seguridad de la red.** Las redes inalámbricas móviles suelen ser más vulnerables a las amenazas a la información y la seguridad física que las redes de cable fijo. El uso de canales inalámbricos de transmisión abierta y compartida significa que

los nodos con protección física inadecuada son propensos a amenazas de seguridad. Además, debido a que una red ad hoc móvil es una red distribuida sin infraestructura, se basa principalmente en la solución de seguridad individual de cada nodo móvil, ya que el control de seguridad centralizado es difícil de implementar. Algunos requisitos clave de seguridad en redes ad hoc incluyen:

- **Confidencialidad:** evitar la escucha pasiva
- **Control de acceso:** protección del acceso a la infraestructura de red inalámbrica
- **Integridad de datos:** evitar la manipulación del tráfico (es decir, acceder, modificar o inyectar tráfico)
- Ataques de denegación de servicio por nodos maliciosos
- **Escalabilidad de red.** Los actuales algoritmos de administración de redes populares fueron diseñados principalmente para trabajar en redes inalámbricas fijas o relativamente pequeñas. Muchas aplicaciones móviles de red ad hoc implican grandes redes con decenas de miles de nodos. La capacidad es esencial para el despliegue exitoso de tales redes. La evolución hacia una red grande que consiste en nodos con recursos limitados no es sencilla y presenta muchos desafíos que aún deben resolverse en áreas tales como direccionamiento, enrutamiento, gestión de la ubicación, gestión de la configuración, interoperabilidad, seguridad, tecnologías inalámbricas de alta capacidad y pronto.
- **Calidad de servicio.** Los requisitos de QoS normalmente se refieren a un amplio conjunto de métricas, incluyendo el rendimiento, pérdida de paquetes, retardo, jitter, tasa de error, etc. Las características y restricciones específicas de la red ad hoc específicas para móviles y móviles descritas anteriormente, tales como topologías de red dinámicamente cambiantes, ancho de banda y calidad de enlace limitada, variación en las capacidades de enlace y nodo, plantean dificultad adicional para lograr la garantía de QoS requerida en una red móvil ad hoc.

2.3.2. Encaminamiento en redes Ad-Hoc.

El encaminamiento, enrutamiento o ruteo se basa en buscar un camino por el cual se pueda mover paquetes sobre una red. Los tipos de encaminamientos en las redes Ad-Hoc se clasifican en 3 grandes grupos: encaminamiento proactivo, encaminamiento reactivo o bajo demanda y encaminamiento híbrido.

2.3.2.1. Enfoque Proactivos.

Los enfoques de enrutamiento proactivo diseñados para redes ad hoc se derivan de los tradicionales protocolos de vector de distancia y de estado de enlace desarrollados para su uso en la Internet fija. La principal característica de los enfoques proactivos es que cada nodo de la red mantiene una ruta a otro nodo de la red en todo momento. La creación y mantenimiento de rutas se realiza mediante una combinación de actualizaciones de enrutamiento periódicas y activadas por eventos. Las actualizaciones periódicas consisten en el enrutamiento de intercambios de información entre nodos a intervalos de tiempo establecidos. [19]

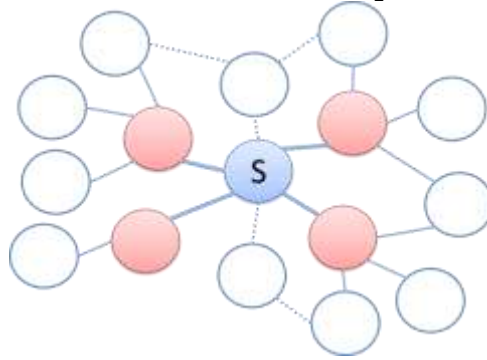
2.3.2.1.1. Vector Distancia Destino-Secuencia (DSDV).

El protocolo de enrutamiento DSDV (Destination-Sequenced Distance Vector) es un protocolo de vector de distancia que implementa una serie de personalizaciones para hacer su operación más adecuada para redes móviles ad hoc. DSDV utiliza números de secuencia por nodo para evitar el problema de contar hasta el infinito común en muchos protocolos de vector de distancia. Un nodo incrementa su número de secuencia cada vez que hay un cambio en su vecindad local (es decir, una adición o eliminación de un enlace). Cuando se le da una opción entre dos rutas a un destino, un nodo siempre selecciona la ruta con el número de secuencia de destino más grande. Esto asegura la utilización de la información más reciente. [19]

2.3.2.1.2. Enrutamiento de Estado de Enlace Optimizado (OLSR).

Es una variación del enrutamiento de estado de enlace tradicional, modificado para mejorar el funcionamiento en redes ad hoc. La característica clave de OLSR es su uso de relés multipunto (MPR) para reducir la sobrecarga de las inundaciones de la red y el tamaño de las actualizaciones del estado del enlace. Cada nodo calcula sus MPRs a partir de su conjunto de vecinos. Cada vez que un nodo difunde un mensaje, sólo los vecinos de su MPR retransmiten el mensaje. [19]

Ilustración 7. Relés multipunto.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

El conjunto MPR para un nodo dado es el conjunto de vecinos que cubre la vecindad de dos saltos del nodo, como se muestra en la Ilustración 7. Los nodos aprenden su conjunto de vecinos de dos saltos a través del intercambio periódico de mensajes “Hello”. Cada nodo transmite periódicamente un mensaje “Hello” que contiene una lista de todos los vecinos. Asociado con cada vecino es un atributo que indica la direccionalidad del enlace a ese vecino. [19]

2.3.2.1.3. Difusión de Topología Basada en el Reenvío de Ruta Inversa (TBRPF).

Un enfoque proactivo diferente es tomado por la Topología basada en el camino de Reenvío Protocolo (TBRPF). Al igual que OLSR, TBRPF es un protocolo de enrutamiento de estado de enlace; Sin embargo, TBRPF emplea una técnica diferente para reducir la sobrecarga. Los nodos TBRPF calculan un árbol de ruta de acceso más corto a todos los nodos de la red. Para minimizar la utilización del ancho de banda, los nodos propagan sólo parte de este árbol a sus vecinos. TBRPF consta de dos módulos principales: un módulo de descubrimiento de vecinos para mantener la información de vecindad y un módulo de enrutamiento para el descubrimiento de topología y el cálculo de rutas. [19]

2.3.2.2. Enfoques Reactivos.

Las técnicas de enrutamiento reactivo, también llamadas enrutamiento bajo demanda, adoptan un enfoque muy diferente al enrutamiento que los protocolos proactivos. Un gran porcentaje de la sobrecarga de protocolos proactivos se deriva de la necesidad de que cada nodo mantenga una ruta a cada otro nodo en todo momento. Si no existe ninguna ruta, realiza un procedimiento de descubrimiento de ruta para encontrar una ruta de acceso al destino. [19]

2.3.2.2.1. Ad hoc On-Demand de vector de distancia (AODV).

El protocolo de encaminamiento AODV (Ad hoc On-demand Distance Vector) [20] es un protocolo bajo demanda basado en encaminamiento por vector distancia. De esta forma, los nodos que no tengan ninguna ruta activa tampoco guardarán información de encaminamiento ni participarán en el intercambio de tablas de encaminamiento. Por tanto, un nodo no tendrá que descubrir ni guardar información de una ruta hacia otro nodo hasta que no se comunique con él, a no ser que sea nodo intermedio de dos nodos que tengan establecida una comunicación. Cada nodo mantendrá una tabla de encaminamiento con la información que posea de las rutas y, así, no será necesario que los paquetes lleven información de la ruta a seguir, con el consecuente ahorro en ancho de banda.

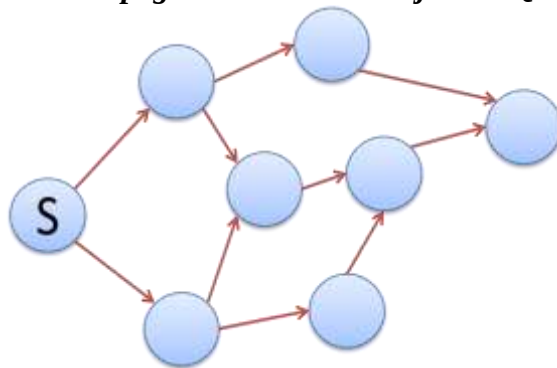
La tabla de encaminamiento guarda un tiempo de vida para cada entrada, de forma que si este tiempo expira reiniciará la búsqueda de una ruta para el destino que tuviera asociado. De igual manera, las entradas de la tabla llevan asociadas un número de secuencia que sirve para evitar bucles en las rutas, además de ayudar a distinguir información antigua de información actualizada posteriormente. [20]

Los mensajes de control definidos en la especificación de AODV, conocidos como mensajes genéricos de AODV, se describen a continuación.

- **Mensajes RREQ.**

Los mensajes de petición de ruta o RREQ (Route REQuest) son utilizados por los nodos para comenzar el proceso de descubrimiento de ruta cuando desean comunicarse con otro nodo. Para ello, primero aumentan su propio número de secuencia y a continuación inundan la red con un mensaje RREQ. Durante un tiempo, el nodo guardará el identificador del mensaje y la dirección origen del mismo para evitar procesarlo si le llega de vuelta (Ilustración 8). [20]

Ilustración 8. Propagación de un mensaje RREQ en AODV.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

Para intentar ahorrar ancho de banda se puede usar la técnica del *expanding ring search* (aumentar anillo de búsqueda) que consiste en que el RREQ enviado tendrá un tiempo de vida o TTL (Time To Live) mínimo. De esta manera, sólo los dispositivos cercanos al nodo origen reciben el RREQ. Si no se obtiene respuesta se irá aumentando el área donde se reciben los mensajes RREQ mediante el incremento del TTL, incrementando hasta llegar a un límite de TTL. Esta técnica limita la propagación de los mensajes de RREQ y, en el caso de no obtener respuesta, va aumentando el alcance de los mensajes. [20]

Un nodo que recibe un RREQ debe crear o actualizar una ruta hacia el nodo vecino que se lo ha transmitido. Después comprueba si es un mensaje duplicado y si es así no realiza ningún proceso más. Si no es duplicado el nodo crea o actualiza una ruta inversa hacia el origen del mensaje RREQ. Si ya existía dicha ruta se tiene que actualizar su número de secuencia con el del mensaje RREQ si éste último es mayor. El “siguiente salto” (next hop) será el vecino del que se ha recibido el mensaje. Por esta ruta se podrá retransmitir el RREP si viene de vuelta. [20]

Si el nodo que recibe el RREQ no está en condiciones de generar un RREP deberá retransmitir el RREQ, actualizando antes el número de secuencia para el destino del mensaje con el suyo propio si es mayor que el que lleva el mensaje. [20]

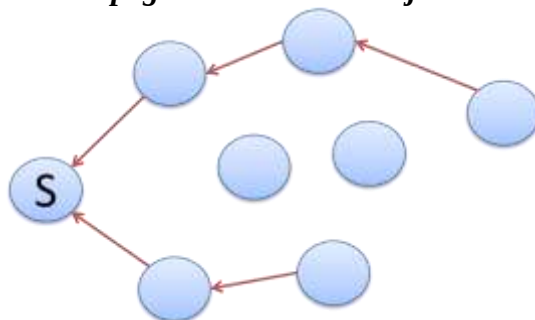
- **Mensajes RREP.**

Los mensajes de respuesta de ruta o RREP (Route REPlY) se envían como respuesta a la llegada de un RREQ, si el nodo es el destino o si tiene información actualizada para llegar a él. Si la información está actualizada se detectará gracias a los números de secuencia. Los mensajes RREP no se inundan en la red sino que se envían en unicast hacia el nodo que originó el proceso de descubrimiento de ruta por el camino inverso creado con la inundación del RREQ (Ilustración 9). [20]

Si el nodo que genera el RREP es el destino, justo antes de enviarlo, deberá incrementar en una unidad su número de secuencia si ese fuera el valor anunciado por el RREQ. Si es un nodo intermedio el que lanza el RREP pondrá en el mensaje el número de secuencia que posee para el destino. [20]

Los nodos que procesan un RREP crean o actualizan la ruta hacia el vecino que se lo ha enviado. Además, crean o actualizan la ruta directa hacia el destino (el emisor del RREP) para poder encaminar los paquetes que vayan destinados a ese nodo. [20]

Ilustración 9. Propagación de un mensaje RREP en AODV.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

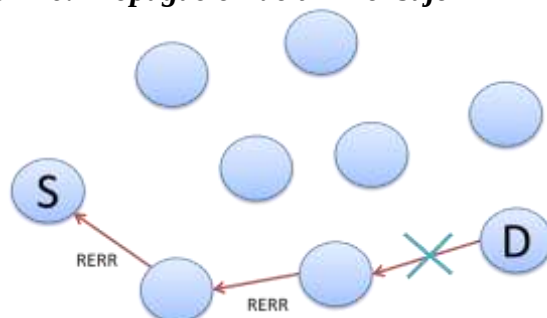
- **Mensajes RERR.**

Los mensajes RERR (*Route ERROR*) se utilizan para notificar que no se puede alcanzar un destino determinado. El que un nodo no sea preparado de alcanzar un determinado destino puede deberse a tres situaciones distintas:

- Cuando un nodo detecta la pérdida de conectividad con un vecino que es el “siguiente salto” de una ruta activa.
- Cuando un nodo tiene que enviar un paquete dirigido a un destino del que no se conoce ninguna ruta activa.
- Cuando un nodo recibe un RERR de un vecino anunciando la pérdida de conectividad con vecinos que utilizaba con “siguiente salto” en rutas activas.

Crea un mensaje de error de ruta (RERR). En este mensaje se enumeran todos los destinos que ahora están inaccesibles debido a la pérdida del enlace. Después de crear el mensaje RERR, envía este mensaje a sus vecinos ascendentes que también estaban utilizando el enlace. Estos nodos, a su vez, invalidan las rutas rotas y envían sus propios mensajes RERR a sus vecinos ascendentes que estaban utilizando el enlace. El mensaje RERR atraviesa así el camino inverso al nodo fuente, como se ilustra en la Ilustración 10 (c). Una vez que el nodo fuente recibe el RERR, puede reparar la ruta si la ruta sigue siendo necesaria. [20]

Ilustración 10. Propagación de un mensaje RERR en AODV.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

- **Mensaje HELLO**

Los nodos que forman parte de rutas activas pueden enviar información de conectividad a sus vecinos mediante mensajes HELLO. Los nodos los generarán cuando en un determinado período de tiempo no hayan transmitido ningún mensaje *broadcast*. [20]

Los mensajes HELLO son realmente RREP con un TTL o tiempo de vida de un salto para que sólo sean recibidos por los vecinos del nodo que los envía. Cuando un vecino procesa un mensaje HELLO debe crear o actualizar la entrada de la tabla de encaminamiento cuyo destino es el origen del mensaje. Si algún vecino recibe un mensaje HELLO de un nodo, y tras un período de tiempo de espera no recibe ningún otro mensaje de él, dará el enlace por perdido. [20]

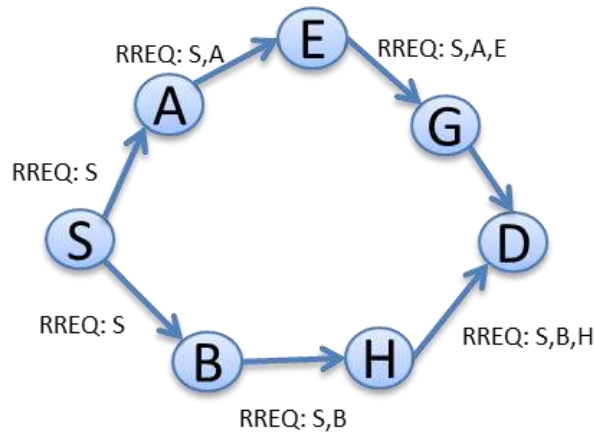
2.3.2.2.2. Enrutamiento de origen dinámico (DSR).

El protocolo enrutamiento de origen dinámico (DSR) es similar a AODV en que se trata de un protocolo de enrutamiento reactivo con un ciclo de descubrimiento de ruta para encontrar la ruta. Sin embargo, tiene algunas diferencias importantes.

Los paquetes de solicitud de ruta (RREQ) y de respuesta de ruta (RREP) acumulan rutas de origen de manera que una vez que se descubre una ruta, la fuente aprende la ruta de origen completa y puede colocar dicha ruta en paquetes de datos subsiguientes. Ilustración 11 ilustra el proceso de descubrimiento de rutas. El nodo de origen coloca la dirección IP de destino, así como su propia dirección IP, en el RREQ y, a continuación, transmite el mensaje a sus vecinos. Cuando los nodos vecinos reciben el mensaje, actualizan su ruta al origen y luego añaden sus propias direcciones IP al RREQ. Por lo tanto, a medida que el RREQ se envía a través de la red, la trayectoria atravesada se acumula en el mensaje. [19]

Cuando un nodo con una ruta hacia el destino recibe el RREQ, responde creando un RREP. Si el nodo es el destino, coloca la ruta de origen acumulada del RREQ en el RREP. De lo contrario, si el nodo es un nodo intermedio, concatena su ruta de origen al destino a la ruta acumulada en el RREQ, y coloca esta nueva ruta en el RREP. Por lo tanto, en cualquier escenario, el mensaje contiene la ruta completa entre el origen y el destino. [19]

Ilustración 11. RREQ Broadcast.

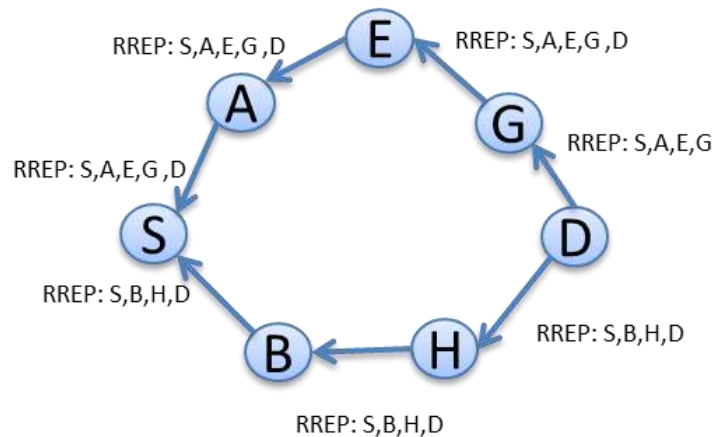


Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

La ruta fuente en el RREP se invierte y el RREP es unicast a la fuente. Tenga en cuenta que a medida que los nodos intermedios reciben y procesan el RREP, pueden crear o actualizar entradas de la tabla de enrutamiento a cada uno de los nodos a lo largo de la ruta de origen. La Ilustración 12 ilustra la propagación de dos RREP de nuevo a la fuente. Cuando se produce una ruptura de enlace en una ruta establecida, el nodo antes de la ruptura crea un mensaje de error de ruta (RERR) y lo envía al nodo de origen. [19]

Ilustración 12. Propagación RREP.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

2.3.2.3. Enfoques Híbridos.

Las características de los protocolos de enrutamiento proactivos y reactivos pueden integrarse de varias maneras para formar protocolos de red híbridos. Los protocolos de red híbridos pueden mostrar un comportamiento proactivo dado un cierto conjunto de circunstancias, al tiempo que muestran un comportamiento reactivo dado un conjunto

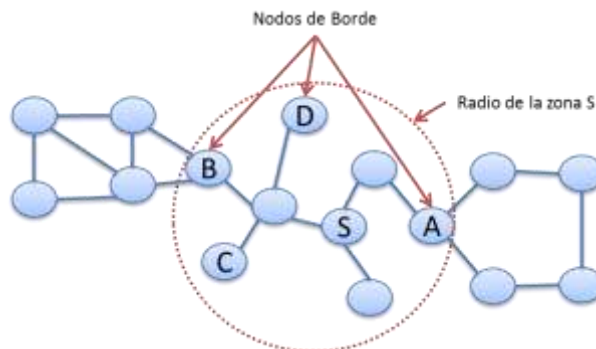
diferente de circunstancias. Estos protocolos permiten una flexibilidad basada en las características de la red. Los enfoques híbridos incluyen el protocolo de enrutamiento de la zona y el algoritmo de efecto de enrutamiento a distancia para la movilidad. [19]

2.3.2.3.1. Protocolo de Enrutamiento de la zona (ZRP).

El Protocolo de enrutamiento de la zona (ZRP) integra componentes de enrutamiento proactivo y reactivo en un solo protocolo. Alrededor de cada nodo, ZRP define una zona cuyo radio se mide en términos de lúpulo. Cada nodo utiliza enrutamiento proactivo dentro de su zona y enrutamiento reactivo fuera de su zona. Por lo tanto, un nodo dado conoce la identidad de y una ruta a todos los nodos dentro de su zona. Cuando el nodo tiene paquetes de datos para un destino particular, comprueba su tabla de enrutamiento para una ruta. Si el destino se encuentra dentro de la zona, existirá una ruta en la tabla de rutas. De lo contrario, si el destino no está dentro de la zona, se necesita una búsqueda para encontrar una ruta a ese destino. La figura 10.5 ilustra el concepto de zona. En esta figura, el radio de la zona es dos saltos. [19]

En la Ilustración 13, los nodos periféricos de S son nodos A, B, C y D. Estos nodos periféricos son importantes para el descubrimiento de rutas reactivas. ZRP utiliza el IERP¹² para descubrir rutas a destinos fuera de la zona. Para el descubrimiento de rutas, se introduce la noción de emisión de borde. [19]

Ilustración 13. Radio de zona ZRP.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

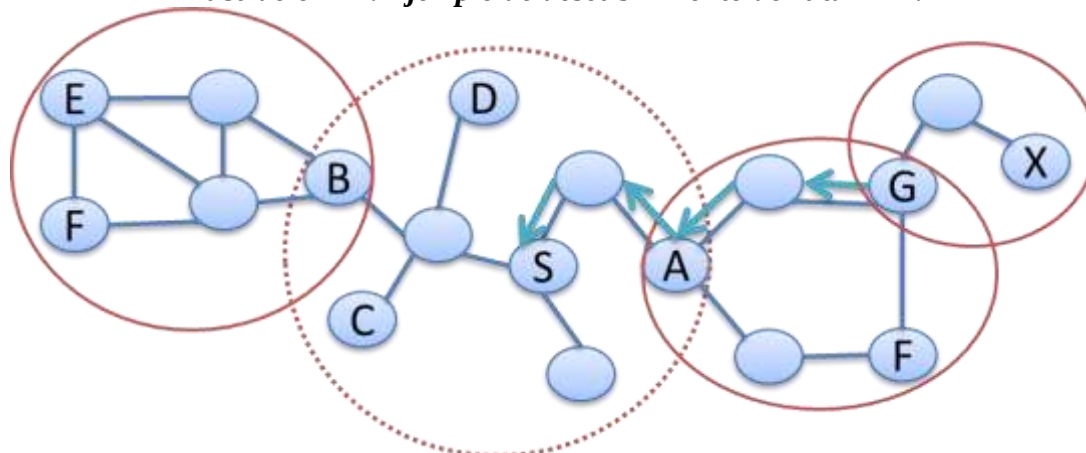
Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

La Ilustración 14 ilustra un ejemplo del procedimiento de descubrimiento de bordercast. En la figura, el nodo S realiza una consulta para el destino X. Usando el IARP, se aprende que X no está dentro de su zona. El mensaje de emisión de borde consulta a sus nodos periféricos. En la ilustración, el círculo punteado representa el radio de la zona de S. Los

¹² IERP. (Protocolo de Enrutamiento Interzona) is the global reactive routing component of the Zone Routing Protocol (ZRP)

nodos periféricos, a su vez, comprueban su zona, y después de no encontrar el destino, bordercast el mensaje de consulta a sus nodos periféricos. [19]

Ilustración 14. Ejemplo de descubrimiento de ruta ZRP.



Autor: Basagni S., Conti M., Giordano S., Stojmenovic I.

Fuente: MOBILE AD HOC NETWORKING

2.3.3. Internet de las Cosas (IoT).

Internet de las cosas (IoT) es un concepto y un paradigma que considera la presencia omnipresente en el entorno de una variedad de cosas / objetos que a través de conexiones inalámbricas y por cable y esquemas de direccionamiento único son capaces de interactuar entre sí y cooperar con otras cosas / objetos Para crear nuevas aplicaciones / servicios y alcanzar objetivos comunes. En este contexto, los desafíos de investigación y desarrollo para crear un mundo inteligente son enormes. Un mundo donde lo real, lo digital y lo virtual convergen para crear entornos inteligentes que hacen que la energía, el transporte, las ciudades y muchas otras áreas sean más inteligentes. [21]

Internet de las cosas es una nueva revolución de Internet. Los objetos se hacen reconocibles y obtienen inteligencia haciendo o permitiendo decisiones relacionadas con el contexto gracias al hecho de que pueden comunicar información sobre sí mismos. Pueden acceder a información que ha sido agregada por otras cosas, o pueden ser componentes de servicios complejos. Esta transformación es concomitante con la aparición de las capacidades de computación en la nube y la transición de la Internet al IPv6 con una capacidad de hacer frente a casi ilimitada. [21]

La noción de convergencia de red utilizando IP, tal como se presenta en la, es fundamental y se basa en el uso de una red IP común multi-servicio que soporta una amplia gama de aplicaciones y servicios. El uso de la propiedad intelectual para comunicarse y controlar pequeños dispositivos y sensores abre el camino para la convergencia de grandes redes orientadas a TI con aplicaciones de red en tiempo real y especializado. [21]

Ilustración 15. Convergencia IP.



Autor: Dr. Vermesan O.; Dr Friess P.

Fuente: *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*

2.3.3.1. Big Data: Tecnologías de identificación, captura y comunicación.

Big Data se refieren al procesamiento y análisis de grandes repositorios de datos, por lo que son desproporcionadamente grandes que es imposible tratarlos con las herramientas convencionales de bases de datos analíticas. Algunas declaraciones sugieren que estamos entrando en la "Revolución Industrial de Datos", donde la mayoría de los datos serán estampados por las máquinas. Estas máquinas generan datos mucho más rápido que las personas, y sus tasas de producción crecerán exponencialmente con la Ley de Moore. Almacenar estos datos es barato, y se puede extraer información valiosa. [21] Ejemplos de esta tendencia son:

- Registros Web;
- RFID;
- Redes de sensores;
- Redes sociales;
- Social data (debido a la revolución de los datos sociales);
- Texto y documentos de Internet;
- Indexación de búsqueda en Internet;
- Registro de detalles de llamadas;

- Astronomía, ciencia atmosférica, genómica, biogeoquímica, biológica y otros complejos y / o interdisciplinarios científicos investigación;
- Vigilancia militar;
- Registros médicos;
- Archivos fotográficos;
- Archivos de video;

Las redes de sensores inalámbricos, RFID, M2M (machine to machine) están evolucionando hacia dispositivos inteligentes que necesitan capacidades de red para un gran número de aplicaciones y estas tecnologías son "punta" hacia la Internet de las Cosas, mientras que los dispositivos identificables de la red tendrán un impacto en las redes de telecomunicaciones. El IERC (Grupo Europeo de Investigación sobre la Internet de las Cosas) se enfoca en identificar los requisitos y especificaciones de la industria y las necesidades de los estándares de IoT en diferentes ámbitos y para armonizar los esfuerzos, evitar la duplicación de esfuerzos e identificar las áreas de estandarización que necesitan ser enfocadas en el futuro. [21]

2.3.3.2. Middlewares.

A las tecnologías que intervienen en las etapas de recolección y transmisión de datos pueden aplicársele un primer nivel de abstracción y considerar a todas ellas como el IoT. Este concepto es posible gracias a la integración de diversas tecnologías, lo que genera una gran heterogeneidad en cuanto al tipo de dispositivos, redes, estándares y protocolos. Por ejemplo no se necesita la misma tecnología para que una persona proporcione datos que recogen los sensores de su Smartphone, que para conocer el estado de polución del aire de una zona rural. Estas diferencias, son un problema si queremos que ambos formen parte de un todo, como puede ser una Smart City. [22]

El middleware es la única solución a este inconveniente, y gracias a él se consigue proporcionar la suficiente abstracción para que desarrolladores e investigadores pueden trabajar con los datos que genera el IoT, sin necesidad de lidiar con los problemas que las tecnologías subyacentes pueden generar. [22]

2.3.4. Programación orientada a eventos.

De un tiempo a esta parte, se ha ido incrementando el uso del paradigma de la publicación/suscripción de eventos, debido a que propone un tipo de comunicación que posee un acoplamiento más flexible entre las partes involucradas y una mayor escalabilidad. En general los suscriptores registran sus intereses mediante un tópico o un

patrón de eventos y después, de forma asíncrona reciben la información que se ha publicado sobre esos intereses. La fuerza de este estilo de comunicación reside en el desacoplamiento en cuanto a espacio y tiempo, entre suscriptores y publicación de información. [22]

Existen varios tipos de sistemas basados en la publicación/suscripción. La clasificación más popular los divide en *subject-based systems* (*Sistema basado en sujeto*) y *content-based systems* (*Sistemas basados en contenidos*) o sistemas basados en el contenido.

En los sistemas basados en sujeto, un mensaje pertenece a uno o a un conjunto de grupos, canales o tópicos. Las suscripciones van dirigidas a estos grupos, canales o tópicos, y los clientes reciben todos los eventos que estén asociados a dicho conjunto. Por otra parte, los sistemas basados en contenidos no están limitados a la noción de que un mensaje debe pertenecer a un grupo particular. En su lugar, la decisión de a quien se dirige se toma sobre una base de mensajes, basándose en consultas o predicados emitidos por los suscriptores. [22]

2.3.4.1. Topologías.

Un sistema basado en eventos es un paradigma de comunicaciones distribuidas, que consta de varios tipos de componentes software. Estos pueden ser servidores de eventos, clientes de eventos, o ambos. La arquitectura de estos sistemas puede ser clasificada en la categoría de Cliente/Servidor (C/S) y Peer-to-Peer (P2P). [22]

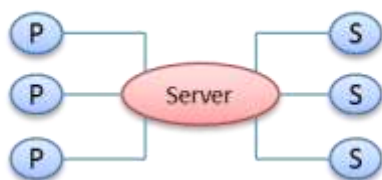
En el modelo C/S, hay dos tipos de componentes servidores y clientes de eventos. Los servidores de eventos, reciben eventos, de forma opcional pueden almacenarlos y después, los reenvían. Estos servidores pueden comunicarse con otros del mismo para lograr una mejor escalabilidad. Los clientes actúan como suscriptores, publicaciones, o como ambos. Dependiendo de cómo actúen los servidores, surgen varios tipos de topologías: [22]

- **Topología en estrella (servidor centralizado).** Donde un servidor actúa de bróker entre todas las publicaciones y suscriptores.
- **Topología jerárquica.** Se basa en una relación jerárquica entre los servidores de eventos. Se utiliza el mismo protocolo tanto para las comunicaciones servidor-servidor, como para el cliente-servidor. Un servidor recibirá publicaciones y suscripciones de todos sus clientes pero solo reenviará los eventos que vayan destinadas a su subárbol. El propósito de esta topología es la escalabilidad.

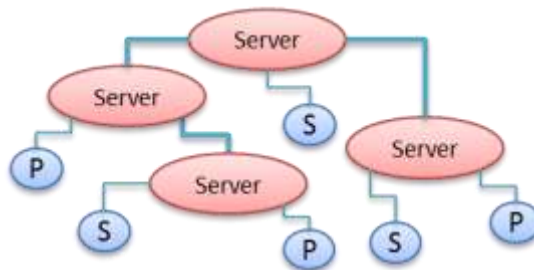
- **Topología en anillo.** En este caso, los servidores tienen una relación P2P entre ellos y el grafo de conexiones forma un anillo. La comunicación entre servidores se implementa con un protocolo de comunicación bidireccional que permite intercambiar suscripciones y notificaciones, destino al utilizado para la comunicación cliente-servidor.
- **Topología en polígono irregular.** Es una generalización de la topología en anillo, sin la restricción de que los servicios tengan que estar conectados en anillo, pueden adoptar cualquier forma geométrica. El protocolo entre servidores también es distinto al usado entre cliente-servidor.

En la es una representación de cada topología hablada anteriormente, donde las líneas gruesas son las conexiones entre cliente-servidor y línea fina la conexión entre servidores.

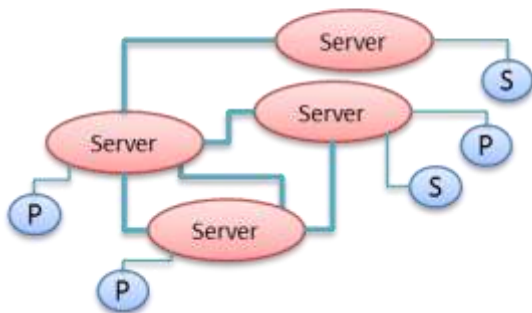
Ilustración 16. Distintas topologías de los sistemas basados en eventos.



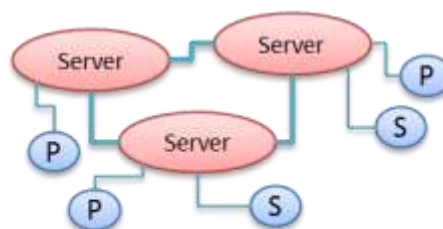
Topología en estrella



Topología jerárquica



Topología de polígono irregular



Topología en anillo

Autor: Requena Camacho R.

Fuente: Infraestructura de eventos para la Internet de las cosas.

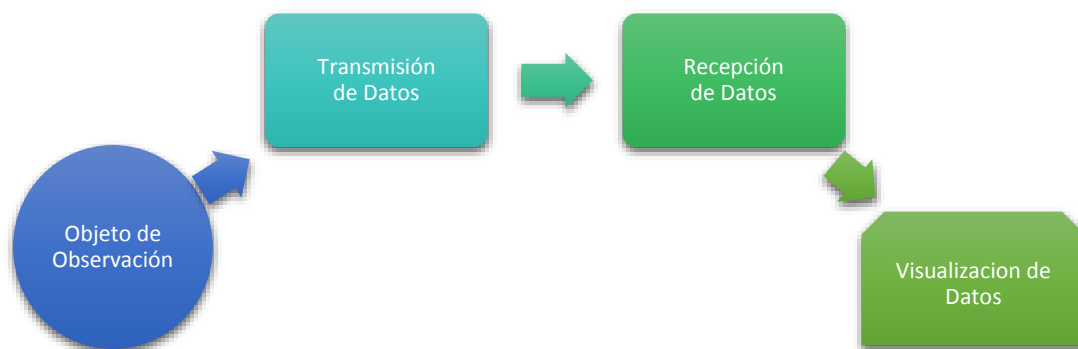
2.3.5. Telemetría.

La Telemetría nos permite realizar mediciones de parámetros físicos a distancia los cuales pueden ser posteriormente almacenados y visualizados por el usuario interesado.

En general se puede describir el procedimiento con la y de acuerdo a esta, un sistema de telemetría básico puede ser muy simple, y sin embargo, efectivo; se pueden notar varios

ejemplos, desde una persona midiendo el tamaño de muestras defectuosas en un lote de producción y enviando los resultados a la persona encargada del área, hasta un sistema controlador una red inalámbrica de sensores monitoreando una zona forestal para detectar posibles incendios y enviando reportes periódicos al guardabosques en turno. Sea el caso de estudio, los componentes de un sistema de telemetría no varían en gran proporción. [23]

Figura 12. Publicación y Suscripción.



Autor: Isaias Minguez D.

Fuente: Monitoreo de Parámetros a través de un sistema de Telemetría.

- **Objeto de Observación.** Puede ser cualquier parámetro físico o químico, los cuales son censados para obtener finalmente ya sea un nivel de voltaje, una variación en frecuencia de alguna señal incluso datos serializados que cumplan con algún estándar de comunicaciones.
- **Transmisión de Datos.** Es muy parecido a un codificador de información. Los datos requieren enviar a través del medio de transmisión deben de cumplir con ciertas características para que puedan utilizar el canal de transmisión; si se envía en forma de paquetes, puede ser requerida información adicional como la del destinatario o el método de envío que se necesita usar.
- **Recepción de datos.** Es similar a la transmisión en el sentido que se tiene que cumplir con los mismos requerimientos de comunicación que están dados por el medio de transmisión, el sub-sistema que recibe la información envía por el transmisor, debe ser capaz de interpretar el protocolo utilizado.
- **Visualización de datos.** Puede estar relacionada con el sub-sistema que recibe los datos, ya que un proceso puede estar encargado de la recepción y otro del despliegue de la información que se reproduce en el dispositivo local visualizador.

2.3.6. Comparación Tecnologías Inalámbricas

Para la comparación de las diferentes tecnologías inalámbricas se presenta la Tabla 7, donde se muestra cuatro estándares de comunicación.

Tabla 7. Tecnologías de Comunicación Inalámbrica.

Estándar	Banda de Frecuencia	Distancia	Características Principales
WiFi / IEEE 802.11	2.4GHz, 5GHz	20-140m	Facilitar una señal de radio de bajo costo y bajo poder
Bluetooth / IEEE 802.15.1	2.4 GHz	1 m, 10 m, 100 m	diseñado para un bajo consumo de energía con un rango corto basado en microchips transceptores de bajo costo en cada dispositivo
ZigBee / IEEE 802.15.1	868MHz, 915MHz, 2.4GHz	metros	bajo costo, potencia, baja velocidad de datos y corto alcance
WiMax / IEEE 802.16	2.3GHz, 2.5GHz, 3.5GHz, 3.7GHz, 5.8GHz	kilómetros	proporcionar datos inalámbricos a larga distancia en una variedad de formas
NFC	13.56 MHz	varios centímetros	muy corto alcance seguro y compatible con RFID

Autor: Chonggang Wang, Tao Jiang, Qian Zhang.

Fuente: ZigBee Network Protocols and Applications.

Bluetooth es una tecnología de radio de bajo costo, baja potencia y corto alcance, desarrollada originalmente como un reemplazo de cable para conectar dispositivos tales como teléfonos móviles y computadoras portátiles. esto en sí mismo suena relativamente inocuo; sin embargo, al permitir comunicaciones inalámbricas estandarizadas entre cualquier dispositivo eléctrico, bluetooth ha creado la noción de una red de área personal. [24]

La tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha WiMax, basada en el estándar IEEE 802.16, es el origen de grandes promesas para muchos mercados diferentes que cubren el acceso a Internet inalámbrico fijo, la red de respaldo y las redes celulares móviles. La tecnología WiMax está diseñada para la transmisión de servicios multimedia (voz, Internet, correo electrónico, juegos y otros) a altas velocidades de datos (del orden de Mbps por usuario). Es una técnica muy poderosa, pero a veces complicada. [25]

Near Field Communications (NFC) es una tecnología de plataforma abierta para un corto alcance (aproximadamente 10 cm) de comunicación inalámbrica, se cree que NFC es una extensión de ISO / IEC 14443 que es un estándar de tarjeta de proximidad que desafía el protocolo de transmisión para las tarjetas de identificación en el campo magnético. [26]

Una red de área local inalámbrica IEEE 802.11 (wlan) proporciona comunicación inalámbrica en distancias cortas. Con la creciente demanda de datos. Aplicaciones

intensivas sobre redes inalámbricas. El IEEE 802.11n wlan se está estandarizando con las nuevas especificaciones de control de acceso medio (MAC) y físicas (PHY). [27]

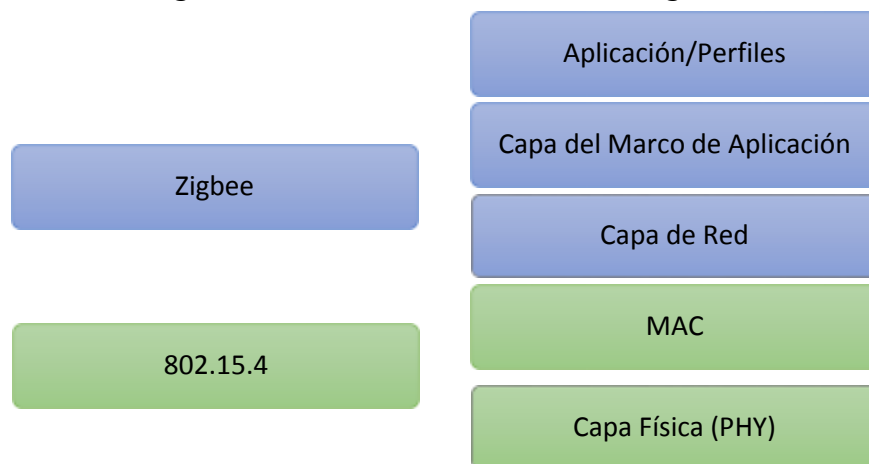
2.3.7. Introducción a ZigBee.

ZigBee es un estándar global abierto construido en el IEEE 802.15.4 MAC / PHY. ZigBee define una capa de red por encima de las capas 802.15.4 para soportar capacidades avanzadas de enrutamiento de malla. La especificación ZigBee es desarrollada por un creciente consorcio de compañías que conforman la Alianza ZigBee. La Alianza se compone de más de 300 miembros, incluyendo semiconductores, módulos, pila y desarrolladores de software. [28]

2.3.7.1. Capas de pila ZigBee

El modelo ZigBee se compone de varias capas que incluyen la (ZDO) capas PHY, MAC, Red, Subcapa de Soporte de Aplicación, y ZigBee objetos de dispositivo. Técnicamente, también existe una capa de Framework de Aplicación (AF), pero se agrupará con la capa APS en las discusiones restantes. Las capas de ZigBee se muestran en la siguiente figura. [28]

Figura 13. Modelo de interconexión ZigBee.



Autor: Digi International, Inc.
Fuente: Digi ZigBee RF Modules.

Una descripción de cada capa aparece a continuación:

- **Capa Física (PHY).** Define el funcionamiento físico del dispositivo ZigBee, incluyendo la sensibilidad de recepción, el rechazo de canal, la potencia de salida, el número de canales, la modulación de chip y las especificaciones de velocidad de transmisión. La mayoría de las aplicaciones ZigBee operan en la banda ISM de 2.4 GHz a una velocidad de datos de 250kb / s.

- **MAC.** Administra las transacciones de datos RF entre dispositivos vecinos (punto a punto). El MAC incluye servicios tales como reintento de transmisión y gestión de acuse de recibo, y técnicas de evitación de colisiones (CSMACA).
- **Capa de Red.** Agrega capacidades de enrutamiento que permiten a los paquetes de datos RF recorrer varios dispositivos (varios "saltos") para enrutar los datos desde el origen al destino (peer to peer).
- **Capa del Marco de Aplicación (APS).** Capa de aplicación que define varios objetos de direccionamiento, incluidos perfiles, clústeres y puntos finales.
- **Aplicación/Perfiles (ZDO).** Capa de aplicación que proporciona funciones de descubrimiento de dispositivo y servicio y capacidades avanzadas de administración de red.

2.3.7.2. Tipos de dispositivos ZigBee

ZigBee define tres tipos de dispositivos para una red ZigBee:

- **Coordinador**

Formando una red El coordinador es responsable de seleccionar el canal, ID PAN (16 bits y 64 bits), política de seguridad y perfil de pila para una red. Como un coordinador es el único tipo de dispositivo que puede iniciar una red, cada red ZigBee debe tener un coordinador. Después de que el coordinador haya iniciado una red, puede permitir que nuevos dispositivos se unan a la red. También puede enrutar paquetes de datos y comunicarse con otros dispositivos en la red. [28]

- **Enrutador**

Los enrutadores deben descubrir y unirse a una red ZigBee válida antes de que puedan participar en una red ZigBee. Después de que un enrutador se haya unido a una red, puede permitir que nuevos dispositivos se unan a la red. También puede enrutar paquetes de datos y comunicarse con otros dispositivos en la red. [28]

- **Dispositivo Final**

Similar a los enrutadores, los dispositivos finales también deben descubrir y unirse a una red ZigBee válida antes de que puedan participar en una red. Después de que un dispositivo final se haya unido a una red, puede comunicarse con otros dispositivos en la red. Dado que los dispositivos finales están diseñados para funcionar con batería y, por

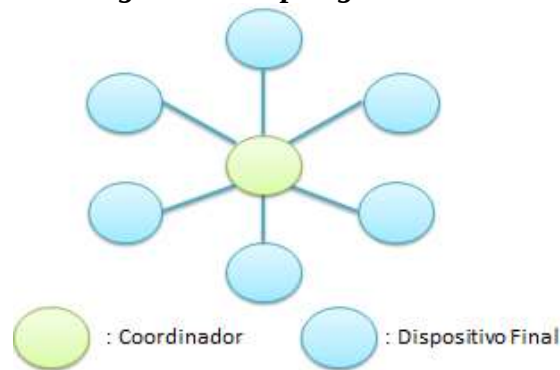
lo tanto, admiten modos de bajo consumo (suspensión), los dispositivos finales no pueden permitir que otros dispositivos se unan, ni pueden enrutar paquetes de datos [28]

2.3.7.3. Topologías de la Red ZigBee

El rendimiento de la red ZigBee depende de la topología. Básicamente es compatible con tres topologías: estrella, árbol y mesh. La topología depende de la situación de los dispositivos: coordinador, Router y los dispositivos finales: [29]

- **Topología Estrella.** en la topología estrella el coordinador se encuentra rodeado de dispositivos como se muestra en la Figura 14. se puede configurar fácilmente puedes soportar hasta 6000 dispositivos pero destacando bien hay algunas limitaciones si el coordinador no puede trabajar debido a algún problema técnico entonces toda la red falla ya que todo el tráfico pasa por el coordinador de la estrella. En conclusión esta topología no ofrece una transmisión fiable. [29]

Figura 14. Topología Estrella

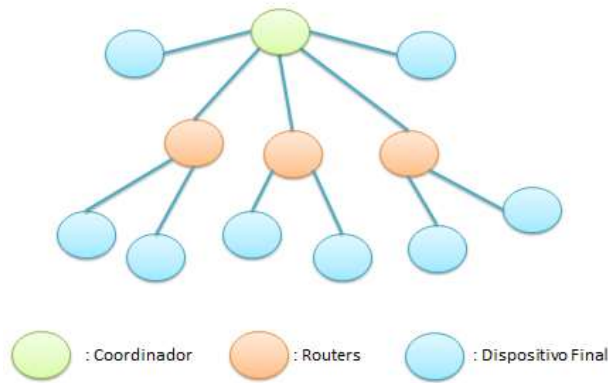


Autor: Manpreet; Malhotra

Fuente: Network, Simulation Analysis of Tree and Mesh Topologies in ZigBee

- **Topología en Árbol.** En la topología de árbol el coordinador se encuentra en la raíz de la red como se muestra en la Figura 15 solamente de los routers y coordinador pueden actuar como nodos padres. Varios dispositivos finales se puede conectar a los routers con nodos hijos cuando uno quiere transmitir un mensaje a otro modo entonces envía mensaje ha sido padre si cualquier otro router no funciona, entonces su hijo (dispositivo finales) también deja de trabajar. [30]

Figura 15. Topología Árbol

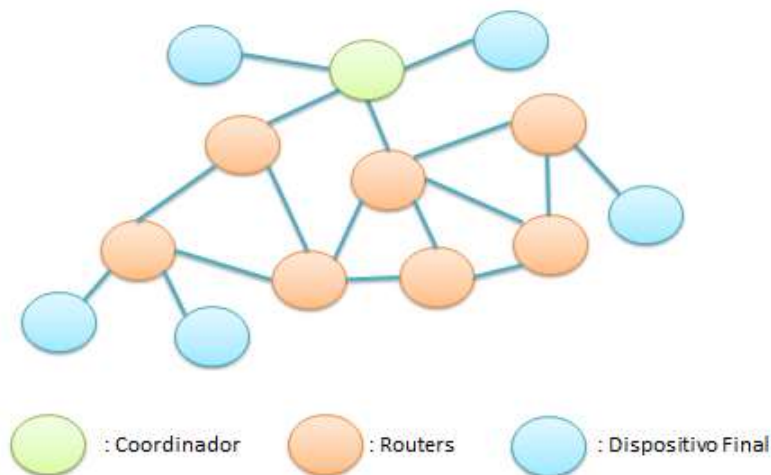


Autor: Manpreet; Malhotra

Fuente: Network, Simulation Analysis of Tree and Mesh Topologies in ZigBee

- **Topología Mesh.** esta es la topología más flexible y fiable porque hay varios caminos posibles para qué mensaje llega a su destino. Si un router no trabaja entonces el mensaje puede ser transmitido a través de otro camino como se muestra en la Figura 16. Hay una serie de rutas alternativas [29]

Figura 16. Topología Mesh



Autor: Manpreet; Malhotra

Fuente: Network, Simulation Analysis of Tree and Mesh Topologies in ZigBee

2.3.7.4. Módulos de comunicación inalámbrica XBee

Son pequeños chip que brindan un medio inalámbrico para la interconexión y comunicación entre dispositivos. Estos módulos utilizan el protocolo ZigBee para crear redes FAST POINT-TO-MULTIPONT (punto a multipunto); o para redes PEER-TO-PEER (punto a punto). Fueron diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos. Baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. [31]

Existen diferentes tipos de módulos XBee entre los que destacan:

- **XBee Serie 1:** Son los XBee más sencillos para trabajar, no necesitan ser configurados, pero incluso así se pueden obtener beneficios. Se están pensado para ser utilizado en redes punto a punto y punto a multipunto. [32]
- **XBee Serie 2:** Los módulos Serie 2 deben ser configurados antes de ser usados. Pueden funcionar en modo Transparente o por medio de comandos API, pero todo esto depende de cual firmware se configure en los módulos. También pueden funcionar en una red mesh, creando unos módulos totalmente configurables e increíbles. [32]
 - **Modo AT:** También llamado modo Transparente. Es el modo de transmisión en el cual solo es necesario enviar los datos por el pin TX para ser enviados de forma automática por el dispositivo. Para este modo es necesario contar con los parámetros establecidos con anticipación para la difusión de la trama.
 - **Modo API:** Ha diferencia del modo de transmisión transparente este modo permite el envío de datos a diferentes dispositivos mediante tramas con la información necesarias para llegar a su destino. Es decir solo es necesario enviar los datos junto a la dirección de destino.

Existen dos modos API, API 1 y el API2, la única diferencia entre estos es que el API2 requiere que las tramas utilicen caracteres de escape.

Ilustración 17. Formato Trama API



Autor: Digi International, Inc.
Fuente: Digi ZigBee RF Modules.

- **Start Delimiter:** Indica el inicio de la trama.
- **Length:** El campo de longitud tiene un valor de dos bytes que especifica el número de bytes que se incluirán en el campo de datos de trama. No incluye el campo de suma de comprobación.
- **Frame Data:** Permite especificar el tipo de trama a utilizar (Tabla 8) y los datos.
- **Checksum:** Para probar la integridad de los datos, se calcula y verifica una suma de control en datos no escapados. Para calcular: sin incluir los delimitadores de tramas y la longitud, se agrega todos los bytes manteniendo solo los 8 bits más bajos del resultado menos el resultado de 0xFF.

Tabla 8. Indicadores de Nombre de Trama.

API Nombre de Trama	API ID
Comando AT	0x08
Comando AT - Cola Parámetro Valor	0x09
Solicitud de transmisión ZigBee	0x10
Dirección explícita ZigBee Trama de Comando	0x11
Solicitud de Comando Remoto	0x17
Creación de ruta de origen	0x21
Respuesta a comando AT	0x88
Estado del módem	0x8A
Estado de transmisión de ZigBee	0x8B
Paquete de recepción de ZigBee	0x90
Indicador de Rx explícito de ZigBee	0x91
Muestra ZigBee IO Data Rx Indicador	0x92
Indicador de lectura del sensor XBee	0x94
Indicador de identificación del nodo	0x95
Respuesta de comando remoto	0x97
Estado de actualización de firmware por aire	0xA0
Indicador de registro de ruta	0xA1
Indicador de solicitud de ruta de muchos a uno	0xA3

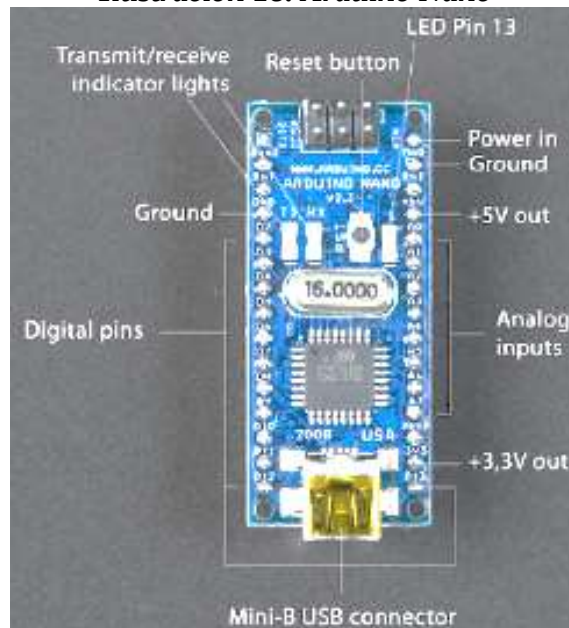
Autor: Digi International, Inc.

Fuente: Digi ZigBee RF Modules.

2.3.8. Arduino Nano.

El arduino (Ilustración 18) nano es considerablemente más pequeño que el uno mencionado anteriormente. También tiene pines que puedes conectar a la derecha en una placa de prototipos. Estos le permiten construir fácilmente incluso circuitos bastante complejos sin soldados. [33]

Ilustración 18. Arduino Nano



Autor: Tero Karvinen, Kimmo Karvinen.

Fuente: Digi ZigBee RF Modules.

Nano es más caro y sensible que uno. Por ejemplo, un cierto tipo de cortocircuito romperá Nano permanentemente. Otro inconveniente es que es más difícil leer las marcas en los dolores, lo que hace que sea más fácil perder el cable. [33]

2.3.9. Sensor ACS712.

El sensor ACS712 (Ilustración 19) proporciona soluciones económicas y precisas para la detección de corriente de CA o CC en sistemas industriales, comerciales y de comunicaciones. El paquete del dispositivo permite una fácil implementación por parte del cliente. Las aplicaciones típicas incluyen control del motor, detección y administración de carga, fuentes de alimentación conmutadas y protección contra fallas por sobre carga. [34]

Ilustración 19. Sensor ACS712



Autor: SparkFun

Fuente: www.sparkfun.com

El dispositivo consiste en un circuito de sensor Hall lineal, preciso y de baja compensación, con una ruta de conducción de cobre ubicada cerca de la superficie de la matriz. El rango de corriente que podemos medir y sensibilidad varían dependiendo del modelo del integrado, existen tres modelos los cuales detallamos a continuación:

Tabla 9. Descripción de Sensores ACS712

Modelo	Rango	Sensibilidad
ACS712ELCTR-05B-T	-5 a 5 A	185 mV/A
ACS712ELCTR-20B-T	-20 a 20 A	100 mV/A
ACS712ELCTR-30B-T	-30 a 30 A	66 mV/A

Autor: SparkFun

Fuente: www.sparkfun.com

El sensor transmite un valor de 2.5 voltios para una corriente de 0A y a partir de allí incrementa proporcionalmente de acuerdo a la sensibilidad, teniendo una relación lineal entre la salida de voltaje del sensor y la corriente.

Dicha relación es una línea recta en una gráfica Voltaje vs Corriente donde la pendiente es la sensibilidad y la intersección en el eje Y es 2.5 voltios. La ecuación de la recta sería la siguiente

$$V = mI + 2.5$$

Donde la pendiente es m y equivale a la “Sensibilidad”.

Despejando tendremos la ecuación para hallar la corriente a partir de la lectura del sensor:

$$I = \frac{V - 2.5}{Sensibilidad}$$

2.3.10. Adaptador AC/DC.

Un adaptador AC/DC es un tipo de alimentación externa, a menudo encerrada en lo que aparenta ser una clavija de corriente. Los adaptadores se utilizan normalmente con los dispositivos eléctricos que no contienen su propia fuente de alimentación interna. Los circuitos internos de una fuente de alimentación externa son muy similares en diseño al que se utiliza para la alimentación interna, pero existen varias ventajas de separar la fuente de alimentación del cuerpo principal del dispositivo electrónico.

Ilustración 20. Adaptador AC/DC de 240V a 5V.



Autor: Erick Bejarano

Fuente: www.eb.co.ve

2.3.11. Módulo 2 Relay.

Dentro de la gran variedad de proyectos que podemos realizar con Arduino, podemos llegar a desear controlar componentes de alto amperaje o alto voltaje, los cuales no podremos controlar directamente desde nuestro Arduino. Con este módulo podremos controlar Motores AC (220V), Motores DC, solenoides, bombillas de luz, electroválvulas y una gran variedad de actuadores más. [35]

El módulo contiene 2 Relay de alta calidad, fabricados por Songle, capaces de manejar hasta 250V/10. Cada canal posee un optoacoplador para un uso seguro y un led indicador

de estado. Su diseño facilita el trabajo con Arduino, al igual que con muchos otros sistemas como RaspberryPi o Pic. [35]

Ilustración 21. Módulo Relay, 2 canales 5VDC



Autor: TecnoGaming Labs

Fuente: www.naylampmechatronics.com

Características Técnicas:

- Voltaje de Operación: 5V DC
- Señal de Control: TTL
- N° de Relays: 2
- Capacidad máx.: 10A/250VAC, 10A/30VDC
- Corriente máx.: 10A (NO), 5A (NC)
- Tiempo de acción: 10 ms / 5 ms

2.3.12. Módulo XBee.

Módulo de comunicación ZigBee de 2,4Ghz de frecuencia de operación, que cumple con el estándar IEEE 802.15.4 con un alcance de 40m en interiores y 120m en exteriores. Con las siguientes características: [36]

- Antena: PCB
- Sensibilidad: -96dBm
- Potencia de transmisión: 1,25mW (+1dBm)
- Voltaje de operación: 2,1V – 3,6V

Ilustración 22. Módulo XBee S2.



Autor: Mayerly Ríos, Jorge Gómez, Laura Sánchez

Fuente: Redes de sensores inalámbricos en cultivos agrícolas.

2.3.13. Adaptador XBee USB.

Es un producto altamente útil, ya que además de exponer las señales del puerto serie necesarias para comunicarse con un Arduino y cualquier microcontrolador vía serial (UART), también tiene la capacidad de programar módulos XBee o compatibles para experimentación, configuración y comunicación con el PC. [37]

El Convertidor USB Serial FT232RL es ideal si cuentas con hardware que no posee interfaz serial a bordo o para comunicarte con el bootloader de un microcontrolador cualquiera. [38]

Ilustración 23. Adaptador USB XBee



Autor: Ibraim Hernández

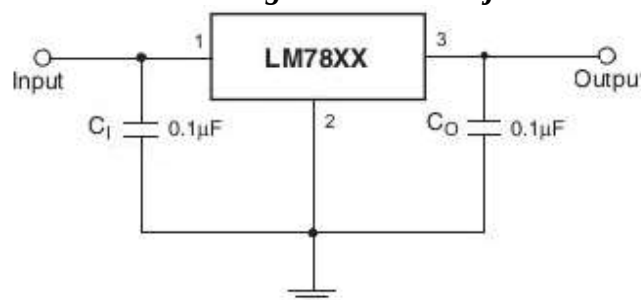
Fuente: tdrobotica.co

2.3.14. Regulador de Tención 7805.

Básicamente podemos pensar en un regulador de voltaje como un dispositivo electrónico que se alimenta de una cantidad de tensión determinada y es capaz de entregar una cantidad menor y acondicionada para un equipo determinado. [39]

Regulador de voltaje 7805, tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V a 1A de corriente, en la mayoría de los desarrollos con Arduino o con programadores Pic estamos obligados a garantizar una fuente de tensión constante, eso disminuye la posibilidad de dañar nuestro circuito debido a oscilaciones en los niveles de tensión, la forma más práctica y simple de lograr esto es mediante el Regulador de voltaje 7805, básicamente es un dispositivo que cuenta con 3 pines. [39]

Ilustración 24. Regulador de Voltaje LM7805.



Autor: Cristian Emmanuel Veloso

Fuente: electrontools.com

2.3.15. NodeMCU.

NodeMCU es un proyecto muy interesante basado en hardware ESP8266. Este es un firmware completo para descargar, mediante usb o serial, en una placa ESP8266 (se admiten muchas versiones). Una vez cargado, la placa se convierte en una plataforma de desarrollo (aunque es un poco mejor editar los archivos externamente y cargarlos una vez) y el tiempo de ejecución que permite la ejecución (incluso de forma interactiva) del script. [40]

Ilustración 25. Módulo ModeMCU V1.0



Autor: Augus Kurniawan

Fuente: NodeMcu Development Workshop

Proporciona un shell interactivo para el que es fácil conectarse (USB, serie, red) a NodeMCU interactuar con el teclado escribiendo comandos (modo de bucle de impresión de restitución). [40]

2.3.16. El Sensor de Voltaje ZMPT101B

El módulo de sensor de voltaje ZMPT101B es un sensor de voltaje fabricado con el transformador de voltaje ZMPT101B. Tiene alta precisión, buena consistencia para mediciones de voltaje y potencia, y puede medir hasta 250V AC. Es simple de usar y viene con un potenciómetro de ajuste de giro múltiple para ajustar la salida del ADC.

Ilustración 26. Módulo de Sensor de Voltaje ZMPT101B.



Autor: LCTechnology

Fuente: <http://www.chinalcotech.com>

2.3.17. Arduino IDE

Arduino IDE es un software que utiliza un compilador para traducir código de un lenguaje sencillo para un microcontrolador. Arduino IDE cuenta con un cúmulo de ejemplos que puedes ser utilizado dentro de un sinfín de dispositivos de la familia Arduino. También cuenta con diversas bibliotecas para adaptar diferentes sensores, actuadores, etc.

2.3.18. XCTU.

XCTU es una plataforma de configuración basada en GUI con todas las funciones para dispositivos XBee que es proporcionada por la empresa DIGI. Incluye un diverso número de herramientas que facilitan la configuración y prueba de módulos XBee. Es posible descubrir otros módulos conectados en la misma red mediante la utilización de un explorador USB XBee conectado directamente al computador.

2.4. Marco Legal.

2.4.1. Ley de Régimen del Sector Eléctrico.

A partir de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico señala correcto abastecimiento del servicio eléctrico por parte del estado a los ciudadanos, además de las obligaciones del estado y los usuarios final con respecto al uso recursos energéticos y energía eléctrica por parte de cada uno. Actualizado el 16 de enero de 2015, se declara los siguientes artículos:

Artículo 5.- Obligaciones de los consumidores o usuarios finales.- Son obligaciones de los consumidores o usuarios finales los siguientes:

1. Pagar oportunamente la factura de energía eléctrica;
2. Permitir el acceso al personal autorizado de la empresa eléctrica y organismos de control para verificar sus sistemas de medición y de sus instalaciones;
3. Utilizar de forma eficiente la energía eléctrica;
4. Cuidar las instalaciones eléctricas que le permiten contar con suministro de electricidad y denunciar a quienes hacen uso incorrecto de las mismas;
5. Evitar cualquier riesgo que pueda afectar su salud y su vida, así como la de los demás; y,
6. Cumplir las condiciones establecidas por la empresa eléctrica, con base en la ley, los reglamentos y regulaciones, en cuanto al uso de la energía eléctrica y al suministro del servicio público.” [16]

Artículo 7.- Deber del Estado.- El suministro de energía eléctrica es un servicio de utilidad pública de interés nacional; por tanto, es deber del Estado satisfacer directa o indirectamente las necesidades de energía eléctrica del país, mediante el aprovechamiento óptimo de recursos naturales, de conformidad con el Plan Nacional de Electrificación. [16]

Artículo 74.- Objetivos.- La eficiencia energética tendrá como objetivo general la obtención de un mismo servicio o producto con el menor consumo de energía. En particular, los siguientes:

1. Fomentar la eficiencia en la economía y en la sociedad en general, y en particular en el sistema eléctrico;
2. Promover valores y conductas orientados al empleo racional de los recursos energéticos, priorizando el uso de energías renovables;

3. Propiciar la utilización racional de la energía eléctrica por parte de los consumidores o usuarios finales;
4. Incentivar la reducción de costos de producción a través del uso eficiente de la energía, para promover la competitividad;
5. Disminuir el consumo de combustibles fósiles;
6. Orientar y defender los derechos del consumidor o usuario final; y,
7. Disminuir los impactos ambientales con el manejo sustentable del sistema energético. [16]

Artículo 78.- Protección del ambiente.- Corresponde a las empresas eléctricas, sean éstas públicas, mixtas, privadas o de economía popular y solidaria, y en general a todos los participantes del sector eléctrico en las actividades de generación, autogeneración, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, cumplir con las políticas, normativa y procedimientos aplicables según la categorización establecida por la Autoridad Ambiental Nacional, para la prevención, control, mitigación, reparación y seguimiento de impactos ambientales en las etapas de construcción, operación y retiro. [16]

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos de Investigación.

3.1.1. Tipo Documental.

La metodología tipo documental se sustenta en la teoría de Alfonso, la cual fue creada en el año 1995, en ella expone textualmente: “La investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis, e interpretación de información y datos en torno a un determinado tema. A igual a otros tipos de investigación, este es conducente a la construcción de conocimientos”.

Esta se basa en la recopilación de fuentes bibliográficas, utilizando citas textuales de diferentes autores. Las principales fuentes de apoyos para la recopilación y la información son material informativo, como libros, revista científicas, proyectos de investigación.

Tanto como los términos y desarrollo están basados en datos bibliográficos variados, proyectos que empleen redes inalámbricas, informes de consumo energético, diseño de servidores y uso energético en viviendas, en conjunto o por separado, los cuales se enfocan en el estudio y la recopilación de datos.

3.1.2. Tipo Experimental.

En este método el investigador interviene sobre el objeto de estudio modificando esta directa o indirectamente para crear las condiciones necesarias que permitan revelar sus características fundamentales y sus relaciones esenciales.

Realizar las correspondientes pruebas en las conexiones de los diferentes dispositivos que empleen los sensores encargados de enviar los datos del estado del equipo al servidor y los actuadores encargados del encendido o apagado mediante las decisiones tomadas por el usuario.

Se procede a verificar los diferentes parámetros necesarios en la red a implementar como son el voltaje suministrado a los dispositivos, el valor de corriente que circula en los dispositivos y la descripción de los paquetes que utilizan. Así mismo verificar las funciones necesarias para el servidor de telemetría realizando las pruebas necesarias para la verificación de los mismos.

3.1.2.1. Métodos de Investigación.

- **Método Inductivo.**

Este método permite realizar un proceso el cual será parte del estudio de casos o hechos singulares para llegar a principios generales, que implicará pasar de un nivel de observación y experimentación a un sustento científico de categoría, o sea a la formulación de leyes o teorías.

Con este método se formularán principios para la recolección de datos de los dispositivos a partir de los sensores ubicados en los dispositivos, adaptando una red inalámbrica móvil permitiéndose la conexión entre ellos y el correspondiente servidor.

- **Método Analítico.**

Este método analítico nos va a permitir interpretar la situación desde el punto de vista analítico-crítico, y así poder tener una mejor comprensión del objeto del estudio y lograr el fin propuesto.

La utilización de este método permitirá analizar los datos del consumo eléctrico enviados por los sensores en los dispositivos, como también las acciones planteadas para los dispositivos de la red.

3.1.3. Tipo Diseño.

El diseño de cualquier sistema de software no consiste únicamente en la codificación del programa, aunque sea una de las fases más importantes, sino que existen múltiples tareas que deben ser desarrolladas paralelamente si se desea un sistema robusto y de fácil mantenimiento, con garantías de finalización en el tiempo y coste estimado. Para determinar las tareas que deben ser llevadas a cabo es necesario seguir un proceso de desarrollo del software adaptándolo según se estime conveniente al proyecto en el cual se aplique.

En la fase de diseño se determina las diferentes secciones que conforman al proyecto como es el diseño de la red inalámbrica y teniendo más énfasis sobre el servidor el cual recolecta los datos de cada dispositivo para la presentación de estos al usuario, también permitiendo al usuario crear reglas para el acceso a la energía eléctrica.

3.2. Recursos Humanos y Materiales

3.2.1. Recursos Humanos.

- Docentes:
 - FCI de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo
- Autor:
 - Pacheco Zamora José Andrés
- Director de Proyecto de Investigación:
 - Ing. Ángel Torres Quijije, MSc.

3.2.2. Recursos Materiales.

3.2.2.1. Materiales (Hardware).

Tabla 10. Requerimientos de Hardware.

Cantidad	Equipo	Descripción
1	Computadora Portátil	Características: • Intel® Core™ i5-2430M Processor • 6GB RAM • 445GB Disco Duro
1	Impresora	EPSON L355 con sistema de tinta continua
1	Memoria USB	Características: • Kingston DataTraveler Micro • Capacidad 8GB

Autor: Pacheco Z. José A.

3.2.2.2. Materiales (Software).

Tabla 11. Requerimientos de Software.

Tipo	Descripción
Arduino IDE	Versión 1.8.4 para Windows 64 bits
Software Utilitario	MS Office 2010 • Word • Excel • Power Point • Visio
X-CTU	Aplicación Multiplataforma gratuita diseñada para que los desarrolladores interactúen con los módulos DIGI XBee® a través de una interfaz grafica
XCTU	Aplicación actual de X-CTU que cuenta con una mayor cantidad de herramientas utilizadas en redes inalámbricas.
MySQL	Gestor de base de datos.

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

3.2.2.3. Materiales de campo.

- Arduino Nano
- Módulo XBee
- Adaptador XBee USB
- Módulo NodeMCU
- Sensor ACS712 30^a
- Adaptador AC/DC

3.2.2.4. Materiales de Oficina

- Hojas de papel bond tamaño A4
- Internet
- Flash Memory
- CD

3.2.2.5. Presupuesto

Tabla 12. Presupuesto del Proyecto de Investigación.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
2	Arduino Nano	\$10.71	\$21.43
3	XBee S2	\$40.18	\$120.54
1	Adaptador XBee USB	\$9.82	\$9.82
2	Módulo 2 Relay 5V	\$5.36	\$10.71
6	Sensor ACS712 30A	\$10.71	\$64.29
2	Sensor de Voltaje ZMPT101B	\$16.07	\$32.14
1	Módulo NodeMCU	\$8.04	\$8.04
3	Adaptador AC/DC	\$7.14	\$21.43
8	LM 7805	\$0.63	\$5.00
16	Capacitor 0.1uF	\$0.22	\$3.57
2	Tomacorriente doble de 120V	\$1.88	\$3.75
2	Adaptador XBee protoboard	\$4.46	\$8.93
42	Cables Puente Macho Hembra	\$0.18	\$7.50
3	Enchufe de 120V	\$0.88	\$2.63
3	Baquelita 4x4	\$0.45	\$1.34
2	Cinta Adhesiva 2 Caras	\$2.05	\$4.11
2	Tapa Eléctrica PVC 4x4	\$0.45	\$0.89
1	Tapa Eléctrica PVC 2x4	\$0.26	\$0.26
2	Caja Eléctrica PVC 4x4	\$0.89	\$1.79
1	Caja Eléctrica PVC 2x4	\$0.64	\$0.64
1	Cinta Adhesiva Aislante	\$0.89	\$0.89
2	Punta Cautín	\$0.67	\$1.34
4	Estaño (m)	\$0.45	\$1.79
1	Cautín	\$2.68	\$2.68

1	Pegamento UHU	\$5.36	\$5.36
3	Cable N #2 7 Pelos (m)	\$0.54	\$1.61
SUBTOTAL			\$342.46
IVA			\$41.09
TOTAL			\$383.55

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

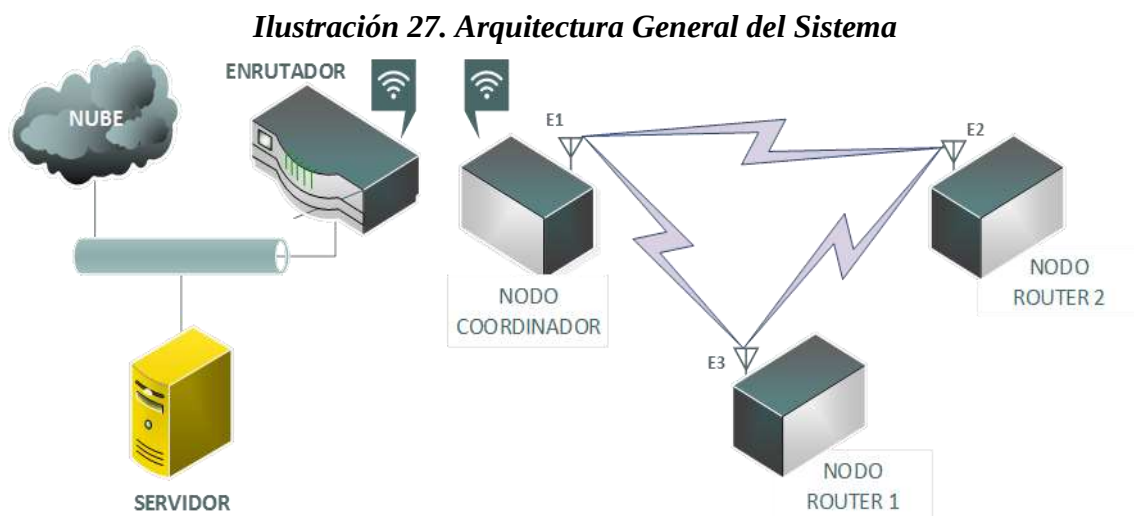
CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Resultados del diseño de un sistema de monitoreo para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios en redes Ad-Hoc e IoT.

En la siguiente ilustración se presenta la infraestructura para el sistema de monitoreo del consumo eléctrico:



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Una de las finalidades del proyecto es la integración de redes móviles Ad-hoc en servicios del internet de las cosas, para lo cual se emplearon equipos calificados en realizar una correspondiente interconexión entre ellos sin importar su movilidad. En la Ilustración 27 se tiene una vista general del funcionamiento, como primer punto la utilización de redes Ad-Hoc por parte de nodos en este caso los XBee, permitiendo el intercambio de paquetes de forma arbitraria entre ellos, también se cuenta sobre el nodo coordinador un módulo NodeMCU; el cual permita la comunicación de cada nodo con un servidor remoto TCP/IP.

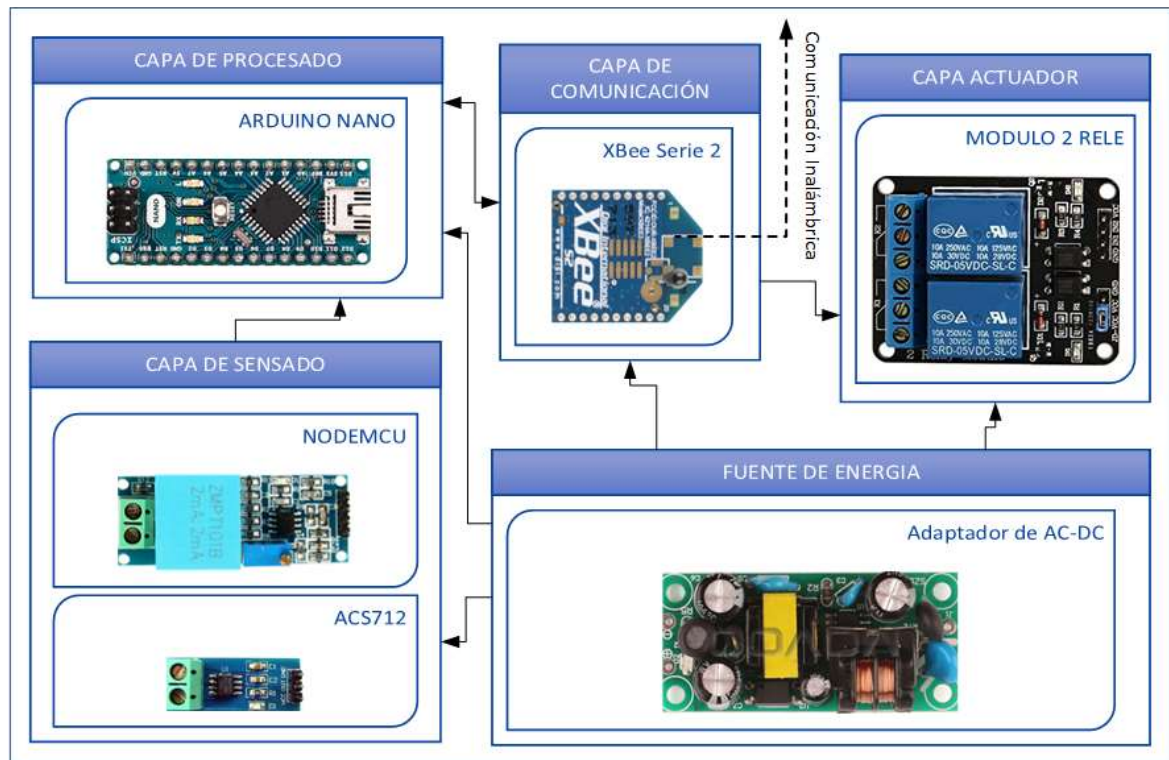
Para este caso se configuró un servidor web disponible para la recopilación de información procedentes de los dispositivos, permitiendo contar con un registro del consumo realizado en tiempo real, de la misma forma es esencial permitir la interacción de los dispositivos con los usuarios del servidor.

4.1.1.1. Arquitectura de Nodos.

- **Arquitectura Nodo Router**

Como primer caso es necesario la utilización de sensores con capacidad de soportar el voltaje utilizado por las instalaciones eléctricas más comunes en una vivienda, para estos casos los sensores tienen la facilidad de soportar un voltaje máxima de 240, en ello se destacan dos tipos de sensores uno de corriente y otro de voltaje los que permitan estimar el consumo de los equipos conectados en los tomacorrientes y el sistema en total también cuenta con su módulo de comunicación en este caso un XBee encargado de enviar y recibir datos.

Ilustración 28. Arquitectura de Nodo Router



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

- **Capa de Sensado.** Dentro de esta capa se encuentra los sensores utilizados para la medición de parámetros eléctricos como es la corriente y voltaje, encontramos el sensor ACS712 con una capacidad de 30A y Zmpt101b de 230V.
- **Capa Actuator.** Para la capa de actuador se emplea un módulo de 2 relés el cual permita el corte del suministro eléctrico a los equipos conectados en el exterior, este dispositivo se encuentra controlado por la capa de comunicación mediante comandos de forma remota.

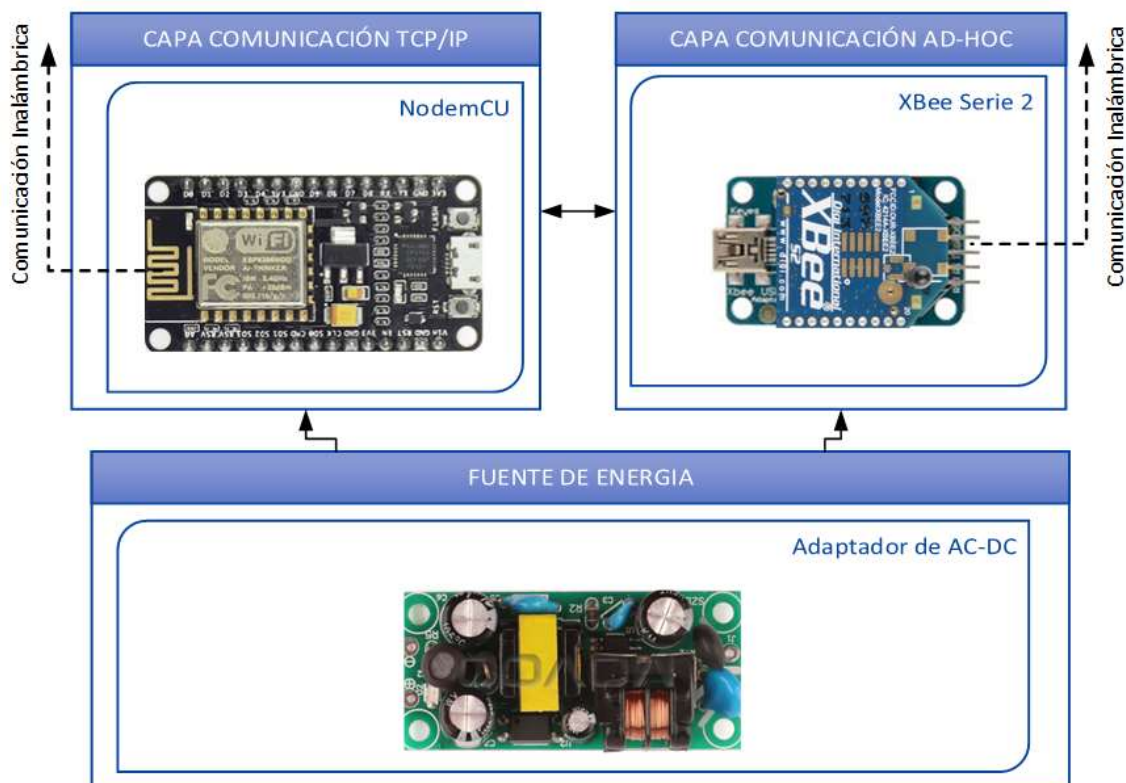
- **Capa Procesado.** Está constituida por un Arduino Nano el cual recoge los datos de la Capa de Sensado para su procesamiento correspondiente y a su vez prepara una trama API2 para ser enviada con los datos recogidos anteriormente nombrados.
- **Capa Comunicación.** Para la capa de comunicación se emplea un XBee S2 correspondiente al estándar IEEE 802.15.4 (ZigBee), configurado para trabajar en modo API, este modo permite comunicarse con cualquier dispositivo de la misma red que se encuentre en su alcance.

En el caso del módulo de comunicación XBee se emplea una configuración adecuada para la operación de una red Ad Hoc.

- **Arquitectura Nodo Coordinador**

Por otra parte el nodo coordinador cuenta con una arquitectura de comunicación más simple. Empleando solo tres capas, pero a su vez muy importantes, esta implementación permite la adaptación de la red Ad-Hoc a una red TCP/IP. En la Ilustración 29 se puede observar las capas de comunicación de cada red mantienen una transmisión dúplex entre ellas.

Ilustración 29. Arquitectura de Nodo Coordinador.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

4.1.1.2. Programación de la Capa de Comunicación.

Para realizar una red inalámbrica móvil descentralizada se emplearon las librerías y módulos inalámbricos XBee, estos dispositivos cuentan con diferentes modos de operación entre ellos el modo API.

Este modo permite que cualquier dispositivo de la red pueda comunicarse con otro o varios, mediante la utilización de tramas específicas. En Tabla 13 se puede visualizar los parámetros necesarios a configurar.

Tabla 13. Configuración de Módulos XBee.

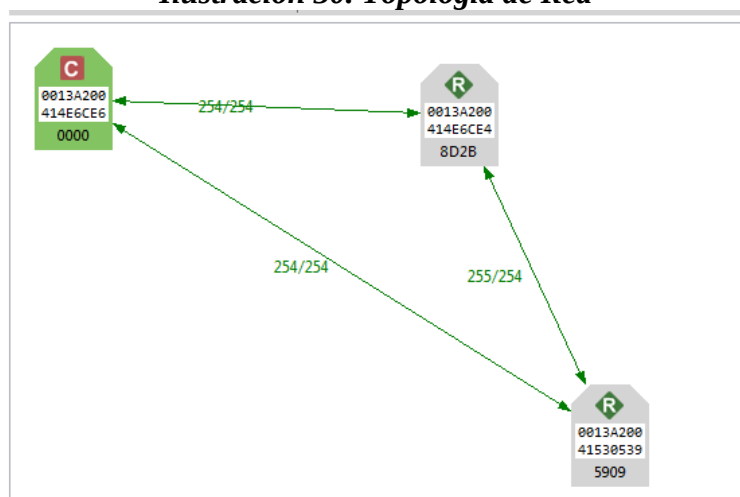
Parámetro	Valor	Descripción
FIRMWARE	ZigBee TH REG XB24C	Firmware sobre el cual opera el XBee.
PAN ID	2208	Identificador de Red, necesario para permitir el ingreso de dispositivos a la misma red
CE	0/1	Establece la función del módulo: Coordinador = 1 Router = 0
API ENABLE	2	Modo de operación para el modulo en este caso modo API 2

Fuente: La Investigación

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Al momento de contar con todos los módulos configurados, es posible visualizar su topología mediante el software XCTU como se muestra en la Ilustración 30.

Ilustración 30. Topología de Red



Fuente: La Investigación

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

4.1.1.3. Programación de Capa de Procesados (Router)

- **Nodos Router**

Dentro de la programación de la capa de procesamiento en los nodos router son necesarios la utilización de tramas API, estas tramas encapsulan los datos de los sensores para ser enviados al nodo coordinador y por su parte el nodo coordinador enviarlos a la base de datos.

Código a. Elaboración de Tramas API sobre Arduino.

```
#include <XBee.h> //libreria
XBee xbee = XBee(); //objeto
uint8_t payload[4]; //variable del mensaje

XBeeAddress64 addr64 = XBeeAddress64(0x0013A200,0x414E6CE6); //direccion 64 bits receptor
ZBTxRequest zbTx = ZBTxRequest(addr64, payload, sizeof(payload)); //tipo de trama a enviar

void setup() {
    Serial.begin(9600); //velocidad de transmisión puerto serial
    xbee.setSerial(Serial); //Puerto serial a utilizar
}

void loop() {
    payload[6] = {'H','o','l','a'}; //datos a ser enviados
    xbee.send(zbTx); //comando para el envío de la trama
}
```

Fuente: La Investigación

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

En el Código a se puede observar la utilización de la librería XBee, esta librería permite la creación de tramas mediante mensajes en formato hexadecimal, anticipando con anterioridad la dirección física del módulo receptor, identificar el puerto serial del módulo y la longitud del mensaje.

Tabla 14. Descripción de Tramas API - Transmisión.

Ejemplo	Campos	Descripción
0x7E	Delimitador de Trama	Permite la identificación del comienzo de la trama
0x0016	Largo	Identifica la longitud con la que cuenta la trama
0x10	Tipo de trama	Identifica que tipo de trama se está enviando
0x01	ID	Identificador de la trama
0x0013A200 0x400A0127	Dirección de Destino 64bits	Dirección física del módulo receptor SH + SL
0xFFFF	Dirección de Destino 16bits	Dirección 16bits asignadas por el programador.
0x00	Radio de Broadcast	Establece los saltos de una difusión broadcast.

0x00	Opciones	Opciones disponibles para el envío de la trama: • Desactivar intentos y reparación de rutas • Habilitar cifrados • Extender tiempo de vida de trama
0x0.....0	Datos	Datos a ser dentro de la trama.
0x13	Checksum	Suma de chequeo para verificación de trama.

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Tabla 15. Descripción de Tramas API - Comando Remoto.

Ejemplo	Campos	Descripción
0x7E	Delimitador de Trama	Permite la identificación del comienzo de la trama
0x0016	Largo	Identifica la longitud con la que cuenta la trama
0x17	Tipo de trama	Identifica que tipo de trama se está enviando
0x01	ID	Identificador de la trama
0x0013A200 0x400A0127	Dirección de Destino 64bits	Dirección física del módulo receptor SH + SL
0xFFFF	Dirección de Destino 16bits	Dirección 16bits asignadas por el programador.
0x02	Opciones	Opciones disponibles para el envío de la trama: • 0x01 - Desactivar intentos y reparación de rutas • 0x02 - Aplicar Cambios. • 0x20 - Habilitación de cifrados • 0x40 - Extender tiempo de vida de trama
0x4248	Comando AT	Nombre del comando a utilizar
0x01	Parámetros del Comando	Parámetro a ser aplicado por el comando.
0xF5	Checksum	Suma de chequeo para verificación de trama.

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Los tipos de tramas más utilizados son el tipo de Transmisión y Comando Remoto; como se puede observar en la Tabla 14 y Tabla 15 respectivamente. Tanto la tramas de transmisión para el envío de los datos a la red externa y las de comando remoto para el control de los módulos relé en cada dispositivo.

4.1.1.4. Programación de Capa de Procesados (Coordinador).

En la capa de procesado del nodo coordinador se utiliza el módulo NodeMCU (Ilustración 31). Este dispositivo emplea un módulo Wireless capaz de contar con función de Punto

de Acceso (AP) o Estación (EST). Lo cual permite agregar protocolos de comunicación IP a la comunicación del sistema.

Ilustración 31. Módulo NodeMCU.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Código b. Configuración del procesador NodeMCU.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
const char *ssid = "ROUTER";
const char *password = "12345678";

ESP8266WebServer server(80);
void handleRoot()
{
    pri = server.arg("pri");
    seg = server.arg("seg");
    ter = server.arg("ter");
    seg.toCharArray(cadena,9);
    for(int x=0;x<9;x++)
    {
        for(int y=0;y<16;y++)
        {
            if(cadena[x] == valoresStri[y])
            {
                direccionaux=direccionaux*mover;
                direccionaux=direccionaux+valores[y];
                break;
            }
        }
        if((pri).equals("1"))
        {
            irValue[0] = 0x04;
        }else
        {
            irValue[0] = 0x05;
        }
        irCmd2[0] = 'D';
        irCmd2[1] = pin[ter.toInt()];
        XBeeAddress64 addr642 = XBeeAddress64(direccion1,direccionaux);
        RemoteAtCommandRequest remoteAtRequest2 = RemoteAtCommandRequest(addr642,irCmd2,
        irValue, sizeof(irValue));
        xbee.send(remoteAtRequest2);
        server.send(200, "text/plain","OK");
    }
}
void setup()
```

```

{
    Serial.begin(115200);
    xbee.setSerial(Serial);
    WiFi.begin(ssid, password);
    server.on("/body", handleRoot);
    server.begin();
    IPAddress ip(192,168,1,5);
    IPAddress gateway(192,168,1,1);
    IPAddress subnet(255,255,255,0);
    WiFi.config(ip, gateway, subnet);
}
void loop()
{
    server.handleClient();
    xbee.readPacket();
    if(xbee.getResponse().isAvailable())
    {
        xbee.getResponse().getZBRxResponse(rx);
        for (int p = 0; p < rx.getDataLength(); p++)
        {
            data[p] = rx.getData()[p];
        }
        reques1 = rx.getRemoteAddress64().getMsb();
        reques2 = rx.getRemoteAddress64().getLsb();
        inData = (char*)data;
        if(inData.equals("Helloy"))
        {
            enviardatos("prin=Helloy&secun=Red1!"+(String)reques2);
        }
        else
        {
            envia("prin="+inData+"&secun="+inData+(String)reques2);
        }
    }
}

```

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Dentro de la configuración de la capa de procesado en el nodo coordinador (Código b) se puede verificar el proceso de verificación de ingresos de tramas, este proceso revisa periódicamente verificando el envío de tramas por parte de la red Ad-Hoc. Además del funcionamiento del módulo en la recepción de tramas en dispositivo final se configura un servidor web en él, con el fin de permitir el ingreso de datos y salida de datos mediante el método de petición POST.

Código c. Sentencia de Control de módulo Relay

http://192.168.1.5/body?pri=1&seg=414E6CE4&ter=0
http://192.168.1.5/body?pri=1&seg=41530539&ter=0

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

En el Código c se puede observar las sentencias utilizadas para habilitar o deshabilitar el control del consumo eléctrico en los diferentes dispositivos de la red Ad Hoc, conformado

por la IP del nodo coordinador seguidos por la sección a controlar, dirección física del módulo XBee y el valor de encendido o apagado (1 o 0).

4.1.1.5. Sensores y Actuadores.

Referente al uso de los sensores y actuadores a utilizar se realizó una comparación de diferentes sensores utilizados en el área estudiantil (Tabla 16), para la recopilación de valores eficaces de corriente y voltaje.

Tabla 16. Ventajas y Desventajas de Sensores.

Sensor	Ventajas/Desventajas	Costo
Sensor de corriente ACS712	Ventajas: • Sensor lineal de efecto hall de bajo offset. • requiere 5 VDC para el pin marcado como VCC y un par de condensadores de filtro. • Baja resistencia del elemento de paso para una baja disipación de potencia (1.2 mΩ típico) Desventajas: • Diseñado para su uso por debajo de 30A • Trabajar con voltajes más altos puede ser extremadamente peligroso • Debe ser manipulado por personas cualificadas con el equipo adecuado y ropa protectora.	\$12.00
Grove sensor de corriente TA12-200 AC no masivo (5ª Máximo)	Ventajas: • Sensores que se utilizan para medir la corriente alterna • Se puede enganchar directamente a cualquiera de los cables de alta tensión o neutral • Adecuado para la medición de corriente Desventaja: • Propiedad de resistencia al fuego: de acuerdo con UL94-VO • Tamaño (abierto): 13 mm x 13 mm • Modo de salida: 0 ~ 1V	\$10.00
Sensor de voltaje Arduino ZMPT101B	Ventajas: • Sencillos de conectar • Proporciona una salida de tensión proporcional a la intensidad que atraviesa el sensor. • Permite medir intensidades positivas y negativas. Desventajas: • Sensor hall de precisión y bajo offset • Medición de precisión hará falta un ajuste de la calibración.	\$16.00

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Dentro de los sensores necesarios para el proyecto se consideraron el sensor de corriente ACS712 y el Grove TA12-200, donde se excluyó el sensor Grove por lo que su tamaño

se vuelve inconveniente al momento de la acoplamiento de los dispositivo, para el caso del sensor ACS712 se caracteriza por su pequeño tamaño y su coste. Empleado principalmente para trabajar con diferentes valores de amperaje como es 5 10 y 30, también por parte de los sensores de voltaje se implementó un ZMPT101B con una capacidad de 260V, ideal para el censado del voltaje suministrado en diversas instalaciones domésticas.

En el caso del actuador a implementar en los nodos, se opta por la utilización de relés con la capacidad de deshabilitar o habilitar el suministro de energía los tomacorrientes de los dispositivos. Dentro de la Tabla 17 se presentan las ventajas y desventajas de dos tipos relevadores, por medio de la cual se concluye la utilización de un módulo 2 de relés electromecánicos, los cuales presentan una ventaja con respecto a los Relay de estado sólido gracias a su bajo costo y capacidad de soportar grandes cargas.

Tabla 17. Ventajas y Desventajas de los Relés

Tipo de Relay	Ventajas/Desventajas	Costo
Relé Estado Solido (SSR)	Ventajas: • Son capaces de ser integrados en tablas semiconductores • Menor tamaño que los relés electromagnéticos • No posee partes móviles no contactos que se desgasten. • No necesitan de electrónica que los gobiernen y si conmutan no generan rebotes de la señal. • Ciclos de vida más largo que los relés electromagnéticos. • La conmutación es más rápida que la presentada por los relés electromagnéticos. Desventajas: • Altos costos de producción • Necesario un disipador de calor • No puede manejar grandes tensiones	\$20.00
Relé Electromagnético s (EMR)	Ventajas: • Permite controlar altos valores de tensión (salida del sistema) contenciones bajas en la entrada • Menor costo de producción • Baja tensión de contactos no necesita disipador de calor • Puede poseer múltiples contactos de conmutación Desventajas: • Poseen contactos y piezas móviles las cuales se desgastan • Tiempos de conmutación largos en comparación de los relés de estado solido • La conmutación de la señal crea rebotes además de necesitar electrónica de gobierno	\$5.00

Fuente: Ventajas y Desventajas Relés

Autor: Abraham Silva

4.1.1.6. Servidor de Telemetría.

Dentro del caso del servidor de telemetría se empleó una laptop con un gestor de base de datos, en el cual se emplearon diferentes tablas esenciales para el registro de los datos procedentes de los dispositivos de la red Ad-Hoc

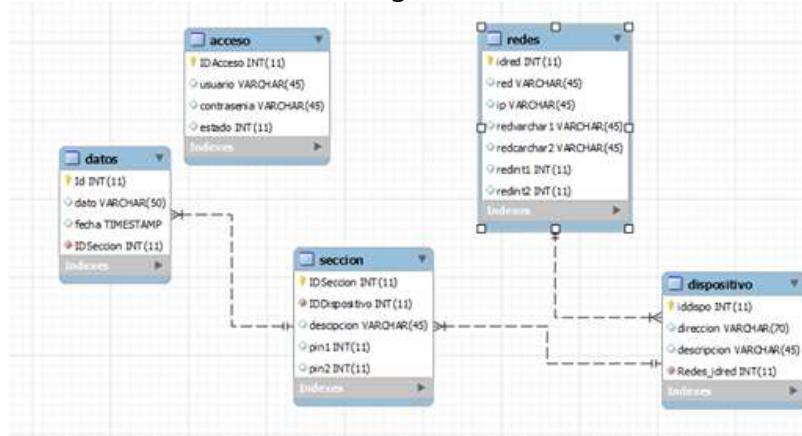
Tabla 18. Ventajas y Desventajas de Gestores de Bases de Datos.

Sensor	Ventajas/Desventajas
MySQL	Ventajas: • Es un software Open Source, además ofrece velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento. • Bajo costo en requerimiento para elaboración de bases de datos. Desventajas: • Es muy limitada y no soporta integridad relacional ni transacciones en aplicaciones web.
Oracle	Ventajas: • Puede ejecutarse en todas las plataformas desde una pc hasta un supercomputador. • Permite el uso de particiones para la mejora de la eficiencia de replicación. Desventajas: • Elevado costo económico de licencias personales.
Microsoft SQL Server	Ventajas: • Útil para el manejo de obtención de datos de la red y compatibilidad • Permite la integración de otros servidores SQL Server Desventajas: • Utiliza mucha memoria RAM para instalaciones • Contienen restricciones en practicas • Contiene bloqueos de painas fijas.

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Para el caso del gestor de base de datos se optó por MYSQL, el cual a comparación del gestor Oracle y SQL Server cuenta con una estructura más rígida, pero a su vez tienen un costo económico su uso, en el caso de MYSQL emplea bajo consumo de recursos y totalmente libre.

Ilustración 32. Diagrama Base de Datos.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Tanto como la dirección IP del nodo coordinador y las direcciones físicas se almacenan de forma apropiada en su tabla (Ilustración 32), sobre cada dispositivo de la red se describen 4 secciones las cuales se identifican por cada sensor utilizado:

- **Sección 1:** Identifica a los datos procedentes al consumo realizado por el dispositivo para el envío y recepción de datos.
- **Sección 2:** Datos del sensor encargado del enchufe superior del dispositivo.
- **Sección 3:** Datos del sensor encargado del enchufe inferior del dispositivo.
- **Sección 4:** Datos procedentes del sensor de voltaje utilizado en cada nodo.

Cada dato procedente de la red Ad-Hoc solo es permitido almacenarla cuando la dirección física del dispositivo ya es almacenada junto a sus correspondientes secciones. Todo el presente proceso se encarga un archivo en formato PHP (Código d) el cual permite recopilar los datos del servicio del método POST empleado por el nodo coordinador.

Código d. Inserción de información en base de datos.

```
$conexion = mysqli_connect("localhost", "root", "12345678", "sensores");
$mess = $_POST['prin'];
$secu = $_POST['secun'];
$hexvalues = array('0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','A','B','C','D','E','F');
$hexval = "";

if(strcmp($mess, "IP") == 0)
{
    $porciones = explode("!", $secu);
    $resultado = $conexion->query("select `idred` from `sensores`.`redes` where `red`
    ='$porciones[1]';");
    if(mysqli_num_rows($resultado) == 0)
    {
        $conexion->query("INSERT INTO `sensores`.`redes` (`red`, `ip`, `redint1`)
        VALUES ('$porciones[1]', '$porciones[0]', '1');");
    }
    echo("OK");
}
```

}

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Para el caso de la visualización de los datos se diseñó una página web en PHP y HTML donde se muestra la dirección el nombre e IP de las redes Ad-hoc que tengan acceso a la base de datos (Ilustración 33).

Ilustración 33. Imagen Principal del Servidor Web.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Ilustración 34. Dispositivos y Secciones.

RED 1 (192.168.1.4)
DISPOSITIVO.1
SECCIÓN 1
SECCIÓN 2
SECCIÓN 3
Dispositivos de red activos.

Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Dentro de cada nombre de red es posible el despliegue de los diferentes dispositivos vinculados como se muestra en la Ilustración 34. A su vez en cada sección de los dispositivos se visualiza un gráfico de los datos captados por los sensores de cada dispositivo (Ilustración 35), otro aspecto del gráfico es su actualización automática es decir por cada momento que se presente nueva información en la base de datos estos datos se verán reflejados a su vez en el gráfico.

Ilustración 35. Grafico del Consumo Enviado por Sección 1.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

4.1.1.7. Implementación de la red de sensores para el monitoreo del consumo energético.

Para el caso de la prueba en marcha de la red inalámbrica, se implementó la recopilación de datos mediante la obtención de los valores eficaces del amperaje y voltaje de diferentes equipos de telecomunicaciones. Estos equipos emplean consumo de energía continua.

Se procedió a ubicar los dispositivos en las instalaciones de la empresa de Alfabet, con autorización del Gerente Sucursal Quevedo. El Nodo Router 1 se ubicó en la regleta del rack principal como se muestra en la Ilustración 36 y el Nodo Router 2 en una regleta que abastece otros dispositivos dentro de la oficina (Ilustración 37).

Ilustración 36. Nodo Router 1 Recopilando Datos.



Fuente: Oficinas de Alfabet Sucursal Quevedo

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Ilustración 37. Nodo Router 2 Recopilando Datos.



Fuente: Oficinas de Alfabet Sucursal Quevedo

Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Ilustración 38. Nodo Coordinador y Servidor de telemetría.



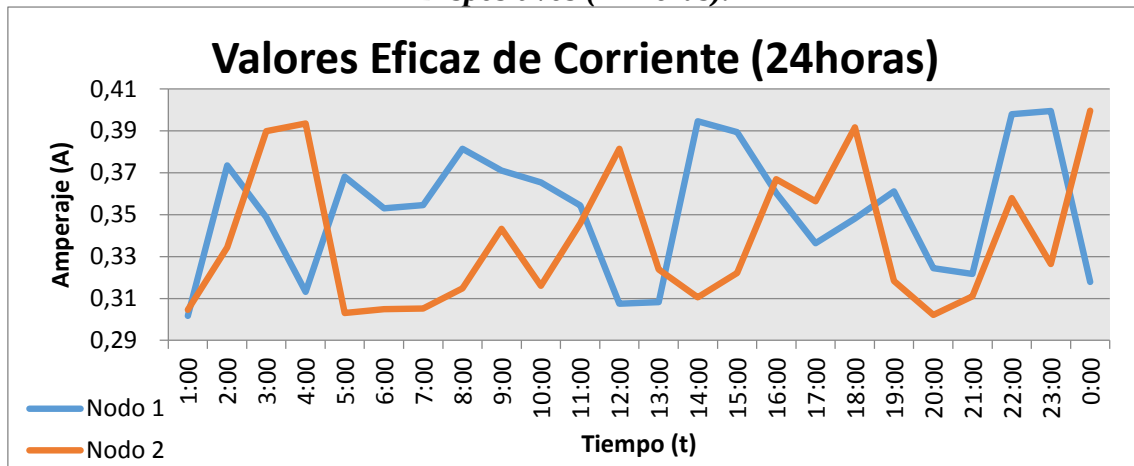
Fuente: Oficinas de Alfabet Sucursal Quevedo
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

En la Ilustración 38 mostrada anteriormente se presenta la ubicación de los 2 equipos principales de la red como es el nodo coordinador y el servidor de telemetría, listos para la recopilación procedentes de los nodos.

4.1.1.8. Datos recopilados durante la Implementación de la Red Ad Hoc.

En la Ilustración 39 se presenta los valores eficaces de corriente suministrada a los dispositivos, empleado para el envío y recepción de los datos durante 24 horas:

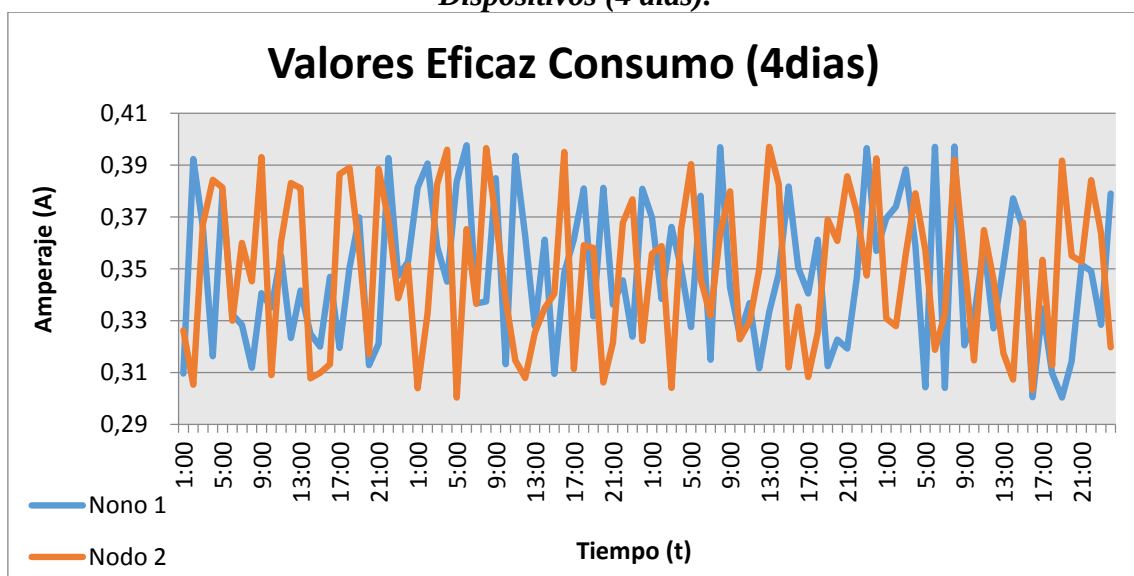
Ilustración 39. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (24 horas).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

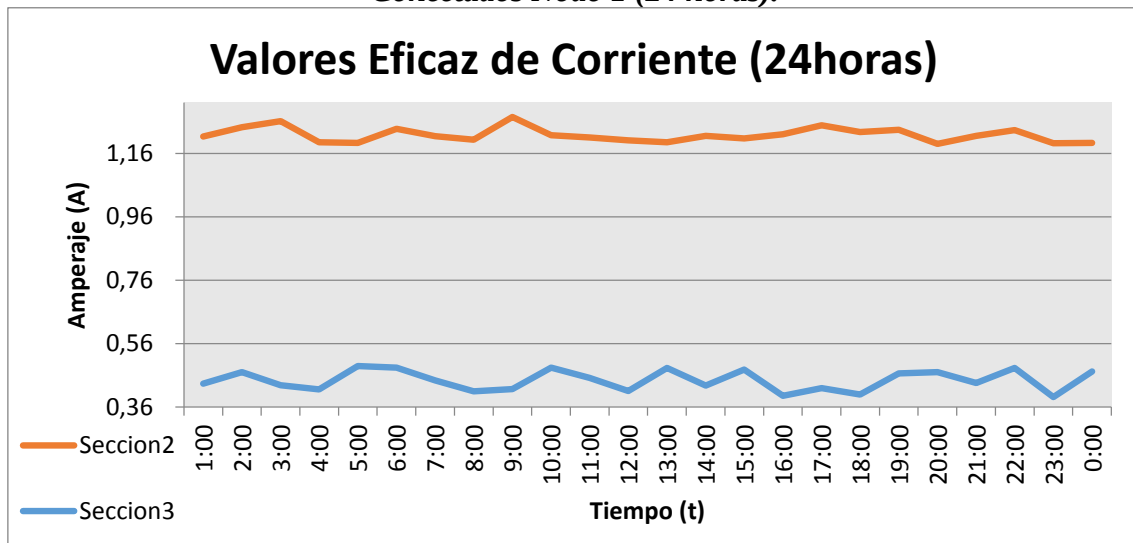
Dentro de la Ilustración 40 se muestra el amperaje que circula por los equipos de la red, esta grafica presenta los datos durante 4 días seguidos mostrando un promedio de 0.55A para el Nodo 1 y 0.36A para el Nodo 2.

Ilustración 40. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Dispositivos (4 días).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

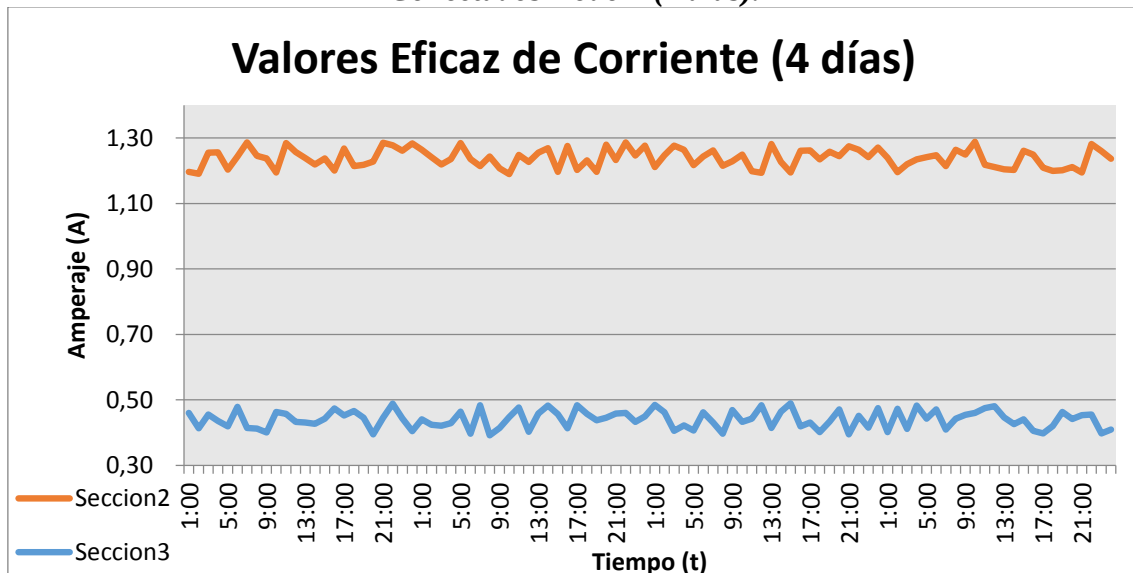
Ilustración 41. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (24 horas).



Fuente: La Investigación.
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

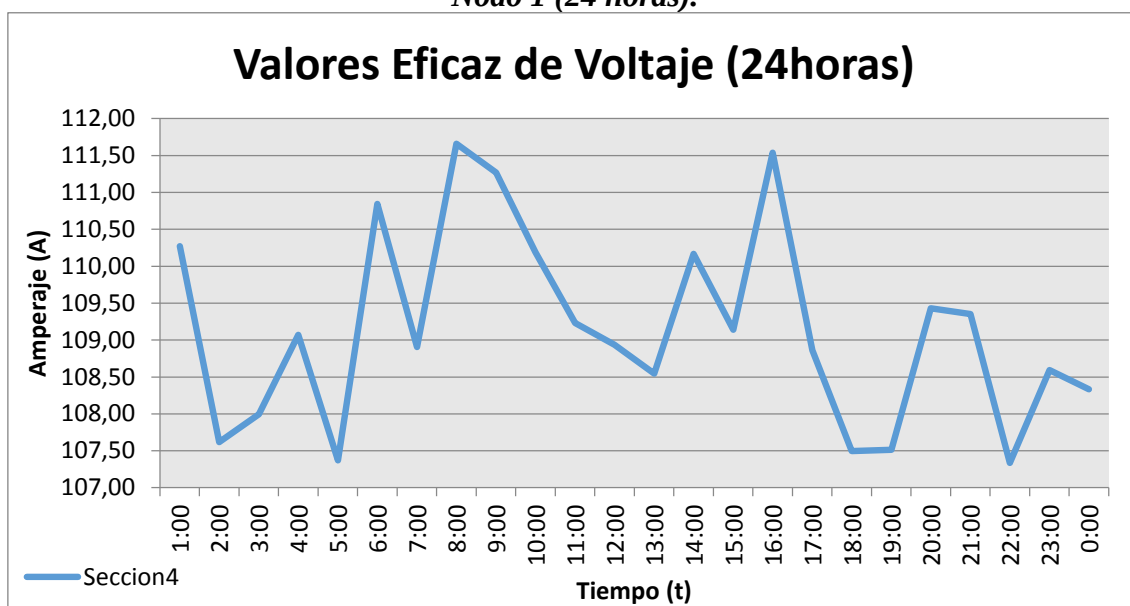
Para el caso de la Ilustración 41 e Ilustración 42 se presenta los valores eficaces de los quipos conectados en ellos, donde la Sección 1 se conectó un router de borde con la especificación de 1.2A y la Sección 2 una antena LHG de 0.4A, mostrando un promedio en los datos recopilados de 1.23A y 0.4^a.

Ilustración 42. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 1 (4 días).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

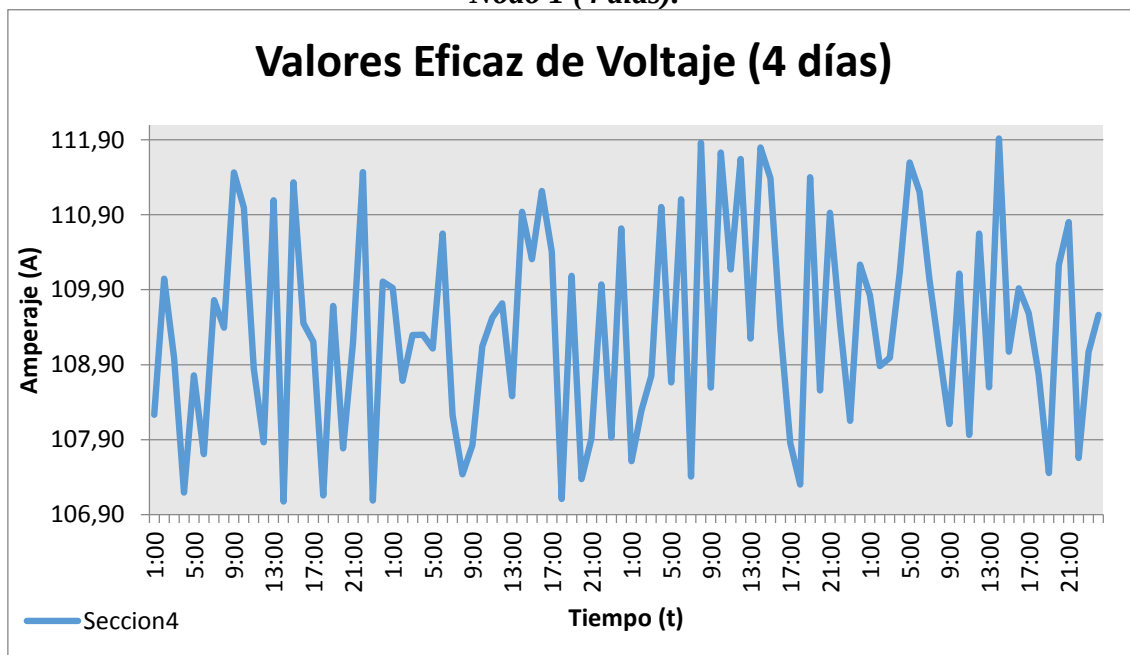
**Ilustración 43. Valores Eficaces del Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados
Nodo 1 (24 horas).**



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

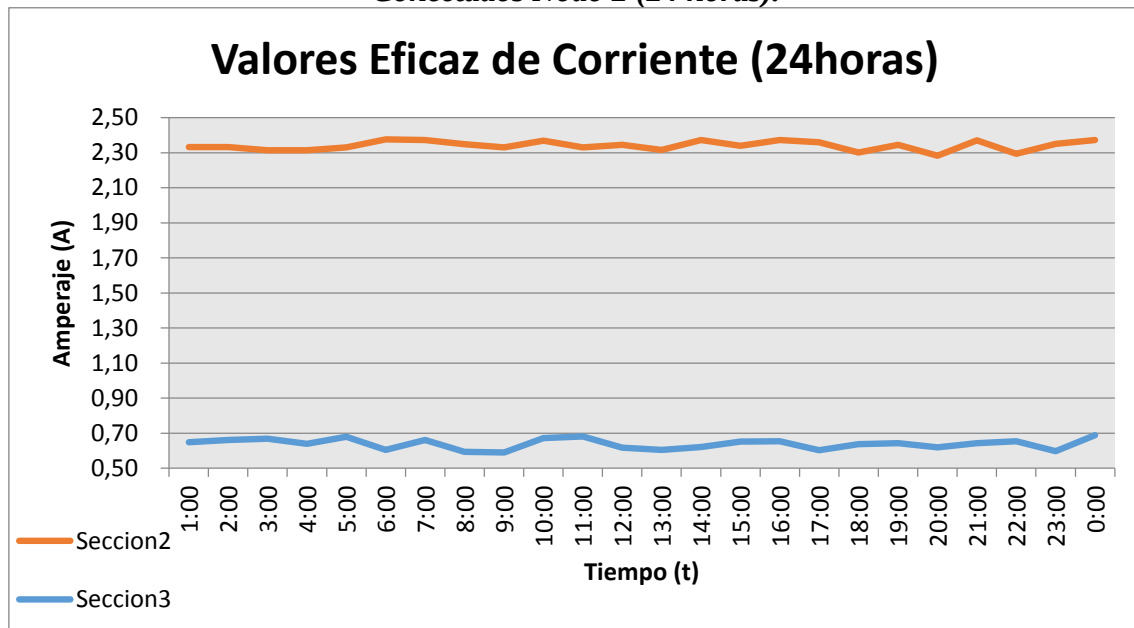
A su vez se presentan los valores del voltaje suministrado a los equipos conectado y a los dispositivos del Nodo 1 de la red, llegando a un promedio de 109.40V durante los 4 días de recopilación de datos (Ilustración 44) y 109.15V durante 24 horas (Ilustración 43).

**Ilustración 44. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al
Nodo 1 (4 días).**



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

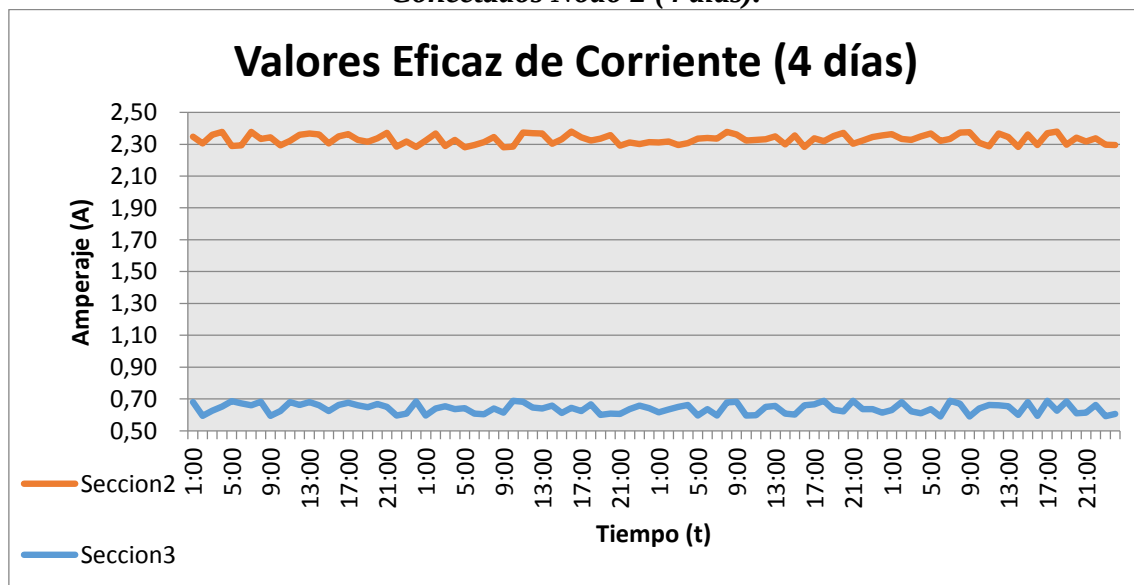
Ilustración 45. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (24 horas).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

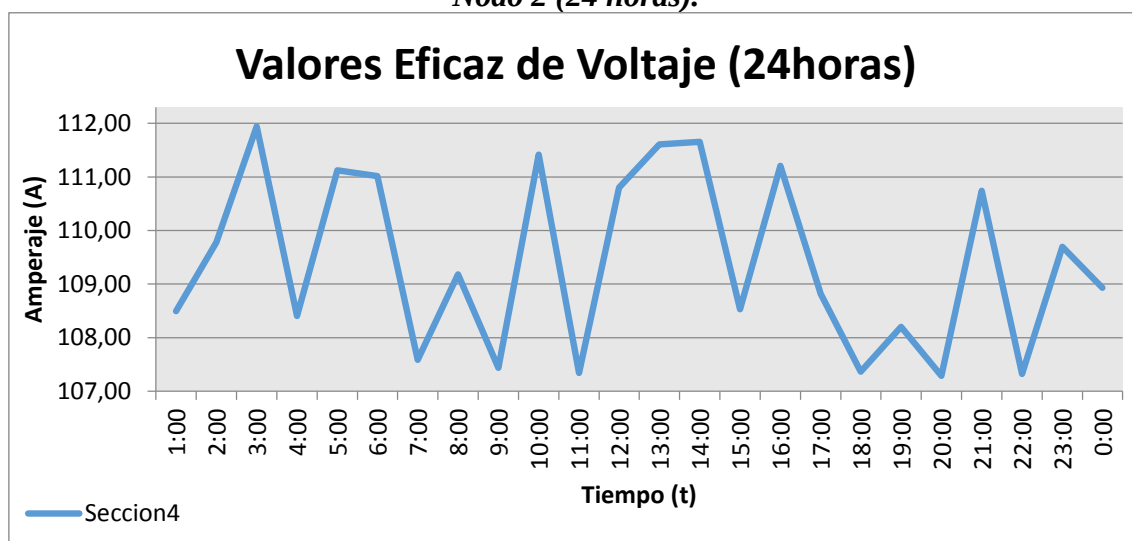
En la Ilustración 45 e Ilustración 46 también se presentan los valores eficaces del amperaje que circulan en los quipos conectados al Nodo 2. La Sección 1 muestra la corriente de una pc de escritorio de 2.2A, y en la Sección 2 un router TP Link de 0.6A respectivamente. Mostrando un promedio en los datos recopilados de 2.33A y 0.64A.

Ilustración 46. Valores Eficaces de la Corriente Eléctrica que Circula por los Equipos Conectados Nodo 2 (4 días).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

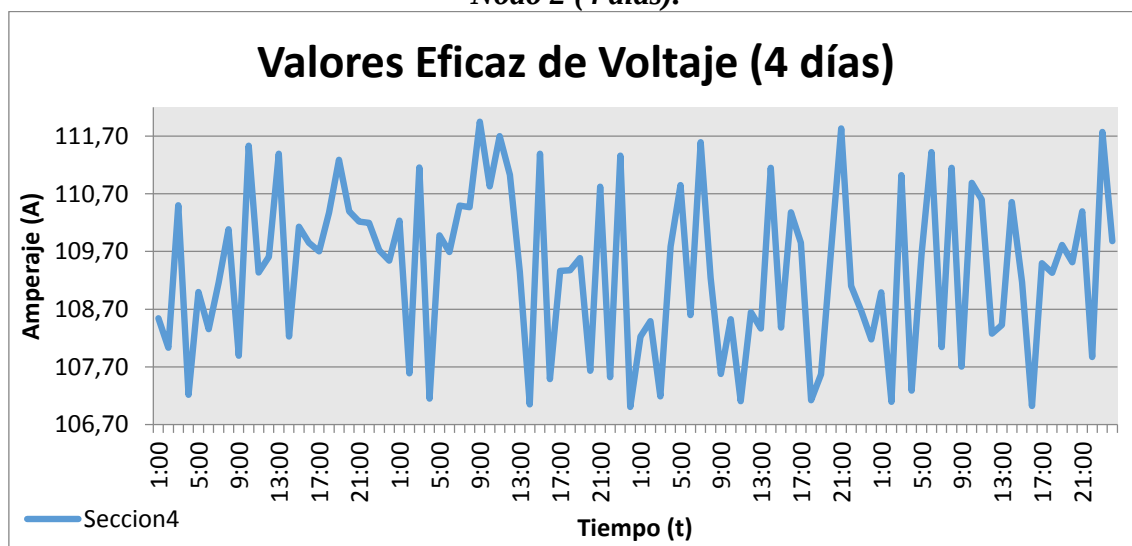
Ilustración 47. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (24 horas).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

A continuación se presenta los valores del voltaje capturados por el sensor de voltaje empleado en el Nodo 2 de la red, llegando a un promedio de 109.40V durante los 4 días de recopilación de datos (Ilustración 48) y 109.15V sobre 24 horas de recopilación (Ilustración 47).

Ilustración 48. Valores Eficaces de Voltaje Suministrado a los Equipos Conectados al Nodo 2 (4 días).



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

4.2. Discusión

El sistema de monitoreo del consumo eléctrico ofrece varias ventajas para recopilación de datos referente al consumo eléctrico, a su vez permitiendo el acceso a esta información mediante una red global como es Internet, un aspecto importante para la recopilación de datos referentes a la teoría de IoT.

El presente trabajo, conlleva en la utilización de los servicios de una Red Ad-Hoc para difusión de información captada por sensores de corriente y voltaje. Los cuales permiten determinar los valores eficaces suministrados por las instalaciones eléctricas a equipos de telecomunicaciones. A su vez todos estos datos captados se almacenan en una base de datos para su posterior acceso.

Ilustración 49. Página Web de Servidor de Telemetria.



Fuente: La Investigación
Autor: Pacheco Z. José A. (2017)

Es posible observar en la Ilustración 49, el acceso de un dispositivo móvil a la página web habilitada sobre el servidor de telemetría, con ello se busca demostrar la disponibilidad de los datos almacenados dentro del servidor.

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

A partir de los resultados expuestos se plantea las siguientes conclusiones:

- Se diseñó un sistema de monitoreo inalámbrico para la gestión del consumo eléctrico empleando servicios de redes inalámbricas móviles (Ad-Hoc) e implementando teorías del Internet de las cosas (IoT), con el objetivo de permitir recopilar información referente al consumo realizado por diferentes aparatos eléctricos utilizados mayormente en las telecomunicaciones.
- Se realizó una comparación entre los diferentes sensores empleados en la recopilación de valores eficaces tanto de la corriente como voltaje, estos dispositivos permiten su integración con los dispositivos XBee, la utilización de los sensores ACS712 y un Sensor de Voltaje AC se determinó por su coste, tamaño y su capacidad de trabajo para cálculo de su amperaje y voltaje respectivamente.
- Se implementó una red Ad-Hoc mediante la utilización de 3 módulos XBee Series 2 debidamente configurados; este proceso se realizó en la oficina de la empresa Alfabet Sucursal Quevedo con la respectiva autorización del gerente, el cual permitió la utilización de diferentes equipos de telecomunicaciones para la recopilación de datos por parte de la red.
- Mediante la utilización de un servidor de telemetría se realizó la recopilación de información enviada por el nodo coordinador de la red Ad-Hoc, empleando un gestor de base de datos en MySQL, y archivo en PHP, donde este archivo determina el tipo de información se almacena y su ubicación. A su vez se permite el acceso a los datos mediante una página web, mostrando al usuario un registro del consumo censados por los sensores en los dispositivos como también.

5.2. Recomendaciones.

De acuerdo con los resultados y conclusiones fundamentados en el transcurso de la investigación, se plantean las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda para trabajos de investigación futuro, emplear automatización energética para los dispositivos de la red Ad-Hoc, la que ayudara a evitar cualquier avería o suministro de información errónea por partes de los dispositivos, causada por variaciones de voltajes.
- Dentro de los principios de la investigación del internet de las cosas (IoT), se plantea en todo momento el tema de la seguridad para los dispositivos de la red, para ellos se recomienda para la futuras investigaciones la utilización de encriptación de información, la cual permitirá evitar varios riesgos de fuga de información dentro de los módulos XBee tal como se plantea en el libro Secure Wireless Sensor Networks del Dr. Mauro Conti [41].
- Se recomienda la utilización de dispositivos capaces de proteger a los equipos de enchufados a la red Ad-Hoc, por lo que los equipos de telecomunicaciones son muy susceptibles a la variaciones de energía lo que provocaría un desperfectos o desconfiguración en sus parámetros de comunicación.
- Se considera oportuno recomendar la utilización de diversos sensores empleados para la recolección de diferentes parámetro, pertinentes a la utilización de dispositivos eléctricos, como por un ejemplo de ellos son; temperatura, humedad, aire, sensor de luz, entre otros. Permitiendo abarcar en un mayor número de sectores de recolección de datos.

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

- [1] B. Santos Ruesga y R. Cordera, Economía política de las transiciones democráticas: México y España, Mexico: illustrated, 2006.
- [2] Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, «Balance Energético Nacional,» Quito, Ecuador, 2016.
- [3] Ministerio del Ambiente, «Guía Práctica para el Ahorro y Uso Eficiente de Energía,» 02 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/03/GUIA-PRACTICA-PARA-EL-AHORRO-Y-USO-EFICIENTE-DE-ENERGIA-22NovBAJAa.pdf>. [Último acceso: 28 Junio 2017].
- [4] CONALEC, «Agencia Regulación y Control de Electricidad,» 10 Septiembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.regulacionelectrica.gob.ec/plan-maestro-de-electrificacion-2013-2022/>. [Último acceso: 28 Junio 2017].
- [5] J. A. López Guerrero, REDES INALÁMBRICAS WIRELESS LAN, Pachuca Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 2007.
- [6] R. Requena Camacho, Infraestructura de eventos para la Internet de las cosas., Alcázar de San Juan: Universidad de Castilla-la Mancha, 2014.
- [7] J. I. Ruiz Núñez, CONFIGURACION DHCP EN REDES MANET SUBORDINADAS, Madrid: Universidad Complutense de Madrid, 2007.
- [8] S. H. Rocabado Moreno, CASO DE ESTUDIO DE COMUNICACIONES SEGURAS SOBRE REDES MOVILES AD HOC, La Plata: Universidad Nacional de la Plata, 2013.
- [9] J. Hernández Amaro, E. López Juárez, D. A. Miranda Ramírez , F. A. Rosas León y R. A. Sánchez Rodríguez, CARACTERIZACIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN VIVIENDAS PARA PROPONER Y EVALUAR

TECNOLOGÍAS AHORRADORAS, México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México, 2014.

- [10] A. M. Zambrano Vizuet, Arquitectura e Implementación de un Sistema Distribuido de Detección de Sismos para Alerta Temprana., Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, 2012.
- [11] M. F. Contreras Morocho, DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN, MONITOREO Y CONTROL DE CARGA ELÉCTRICA PARA APLICACIONES DOMÉSTICAS, Cuenca: Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca, 2015.
- [12] E. S. Ing. Ulloa Arízaga, EFICIENCIA DEL CONSUMO ELECTRICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL URBANO DE CUENCA, Cuenca: Universidad de Cuenca, 2015.
- [13] Global Environment Facility, La Inversion en Proyectos de Eficiencia Energetica: La Experiencia Del Fmam, Global Environment Facility, 2010.
- [14] P. Rufes Martínez, Energia Solar Térmica: Técnicas para su Aprovechamiento, Marcombo, 2009.
- [15] Ministerio de Electricidad y Energia Renovable, «Guía Práctica para el Uso Eficiente de la Energía Eléctrica en el Ecuador,» 09 Mayo 2017. [En línea]. Available:
<https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/ECU/Guide%20for%20the%20Efficient%20Use%20of%20Electric%20Power%20in%20Ecuador-.pdf>. [Último acceso: 28 Julio 2017].
- [16] Administracion del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado, «LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELECTRICA,» de ASAMBLEA NACIONAL REPUBLICA DEL ECUADOR, Quito, 2015.

- [17] AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE ELECTRICIDAD, «PLIEGO TARIFARIO PARA LAS EMPRESAS ELÉCTRICAS,» de *SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA*, Quito, 2017.
- [18] N. O. ALONSO, *Redes de comunicaciones industriales*, UNED, 2013.
- [19] S. Basagni, M. Conti, S. Giordano y I. Stojmenovic, *MOBILE AD HOC NETWORKING*, New Jersey: IEEE Press, 2004.
- [20] C. Perkins, E. Belding-Royer y S. Das, «Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing,» University of Cincinnati, Santa Barbara, 2003.
- [21] O. Dr. Vermesan y P. Dr. Friess, *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*, Aalborg: River Publishers, 2013.
- [22] R. Requena Camacho, *Infraestructura de Eventos para la Internet de las Cosas*, Alcázar de San Juan, 2014.
- [23] D. Isaias Minguez, *Monitoreo de Parámetros a través de un sistema de Telemetría.*, Tijuana, B.C.: Instituto Politécnico Nacional, 2009.
- [24] J. Bray y C. F. Sturman, *Bluetooth 1.1: Connect Without Cables*, Pearson Education, 2001.
- [25] N. Loutfi, *WiMAX: Technology for Broadband Wireless Access*, John Wiley & Sons, 2007, 2007.
- [26] V. Coskun, K. Ok y B. Ozdenizci, *Near Field Communication (NFC): From Theory to Practice*, John Wiley & Sons, 2011.
- [27] E. Osipov, A. J. Kassler y T. Michael , *Wired/Wireless Internet Communications: 8th International Conference, WWIC 2010, Lulea, Sweden, June 1-3, 2010. Proceedings*, Springer Science & Business Media, 2010.

- [28] I. (. Digi International, «DIGI,» 02 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.digi.com/resources/documentation/digidocs/PDFs/90000976.pdf>. [Último acceso: 22 Julio 2017].
- [29] Manpreet y Malhotra, Network, Simulation Analysis of Tree and Mesh Topologies in ZigBee, 2015.
- [30] S. A. o. T. a. M. T. i. Z. Network, Manpreet y Malhotra, 2015.
- [31] J. Gomez, Redes de Sensores inalámbricos en cultivos agrícola: Monitoreo agrícola con WSN, Editorial Academica Española, 2016.
- [32] DIGI, «Summary of xbee.cl,» DIGI.com, 25 03 2015. [En línea]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>. [Último acceso: 18 10 2017].
- [33] T. Karvinen y K. Karvinen, Make: Arduino Bots and Gadgets: Six Embedded Projects with Open Source Hardware and Software, O'Reilly Media, Inc. , 2011.
- [34] S. ELECTRONICS, «SparkFun.com,» 16 12 2002. [En línea]. Available: <https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf>. [Último acceso: 20 10 2017].
- [35] NayLampMechatronics, «www.naylampmechatronics.com,» 12 09 2014. [En línea]. Available: <http://www.naylampmechatronics.com/drivers/31-modulo-relay-2-canales-5vdc.html>. [Último acceso: 21 10 2017].
- [36] M. Ríos, J. Gómez y S. Laura, Redes de sensores inalámbricos en cultivos agrícolas: Monitoreo agrícola con WSN, EAE, 2016.
- [37] Tdrobotica.Co, «Xbee usb,» Bogota.
- [38] I. Hernandez, «tdrobotica.co,» 11 01 2013. [En línea]. Available: <http://tdrobotica.co/xbee-explorer-usb/651.html>. [Último acceso: 22 10 2017].

- [39] C. E. Veloso, «electrontools.com,» 03 07 2015. [En línea]. Available: <http://www.isbmex.com/reguladores-de-voltaje-y-sus-principales-ventajas>. [Último acceso: 21 10 2017].
- [40] A. Carraturo y A. Trentini, *Sistemi Embedded: Teoria e Pratica*, Ledizioni, 2017.
- [41] M. Dr. Conti, *Secure Wireless Sensor Networks: Threats and Solutions*, Springer, 2015.
- [42] J. A. C. Falcón, *Wi-Fi: cómo construir una red inalámbrica*, Ra-ma, 2004.
- [43] J. C. Cano y P. Manzoni, *Encaminamiento en las Redes Inalámbricas Ad-Hoc*, Valencia.
- [44] E. S. Ulloa Arízaga, *EFICIENCIA DEL CONSUMO ELECTRICO EN EL SECTOR RESIDENCIAL URBANO DE CUENCA*, Cuenca, 2015.
- [45] F. Sapiña Navarro, *¿Un futuro sostenible?: El cambio global visto por un científico preocupado*, Univerditat de València, 2006.
- [46] L. ARNOYS, *THE INTERNET OF THINGS: COMMUNICATING WITH THE CLOUD, THE PROTOCOLS, SECURITY AND BIG DATA.*, HOWEST, 2014.
- [47] I. Allegro MicroSystems, «Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor,» Northeast Cutoff, Worcester.
- [48] J. A. L. Sanchez, «Módulo Relay, 2 canales 5VDC,» Peru.
- [49] F. d. I. ´. ´. E. y. T. Departamento de Telemática, «Redes de sensores inalámbricos en cultivos agrícolas,» Agosto 2013.
- [50] M. J. S.A., «Componentes Electronicos,» Costa Rica, 2017.
- [51] C. Veloso, «Electrotools,» 2016.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Carta de Autorización para Recolección de Datos.

Anexo 1

En el Siguiete apartado se presenta la carta de aprobación emitida por el gerente de la empresa Alfabet de la ciudad de Quevedo.



CARTA DE APROBACION DE SOLICITUD

Quevedo, 28 de Noviembre del 2017

Conde Ponce Luis Alberto
Gerente General Alfabet Quevedo
Quevedo, Ecuador
Presente.

Por medio de la presente autorizo al señor **Pacheco Zamora José Andrés** con la cedula de ciudadanía **131120610-4**, trabajador de la empresa **ALFANET** para que realice la instalación de sus dispositivos electrónico de su proyecto de titulación **"REDES DE SENSORES INALAMBRICOS PARA MONITOREO DEL CONSUMO ENERGETICO EMPLEANDO SERVICIOS EN REDES AD-HOC E IOT"** dentro de la instalaciones de la empresa.



Luis Conde Ponce Alberto
171297769-1

Av. June Guzmán y Calle Decima Edificio Ipsersa
Telf. 053754569 / 0995756646
info@alfanet.com.ec

7.2. Tramas API.

Anexo 2

A continuación se presentan las diferentes tramas utilizadas para la comunicación de los diferentes XBee.

"CONFIRMACION R1"

7E002410010013A20041530539FFFE00005A425F5041434B45545F41434B4E4F574
C4544474544F0

"CONFIRMACION R2"

7E002410010013A200414E6CE4FFFE00005A425F5041434B45545F41434B4E4F574
C4544474544E3

"R1 RELE 1 LOW"

7E001017010013A20041530539FFFE02443004E9

"R1 RELE 1 HIGH"

7E001017010013A20041530539FFFE02443005E8

"R1 RELE 2 LOW "

7E001017010013A20041530539FFFE02443104E8

"R1 RELE 2 HIGH"

7E001017010013A20041530539FFFE02443105E7

"R1 SAVE"

7E000F17010013A20041530539FFFE025752B8

"R2 RELE 1 LOW"

7E001017010013A200414E6CE4FFFE02443004DC

"R2 RELE 1 HIGH"

7E001017010013A200414E6CE4FFFE02443005DB

"R2 RELE 2 LOW"

7E001017010013A200414E6CE4FFFE02443104DB

"R2 RELE 2 HIGH"

7E001017010013A200414E6CE4FFFE02443105DA

7.3. Datasheet ACS712.

Anexo 3



ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



TÜV America
Certificate Number:
UBV 08 06 54214 010



Description

The Allegro® ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switched-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall sensor circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which is sensed by the integrated Hall IC and converted into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($>V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sensing. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power

Continued on the next page...

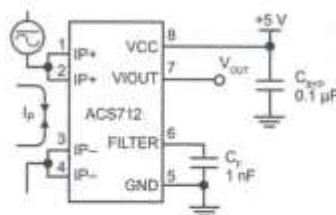
Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sensed current, I_p , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Description (continued)

loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the sensor leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 current sensor to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _p (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{ROUT}		-0.1	V
Reinforced Isolation Voltage	V _{ISO}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T _A =25°C	2100	V
		Voltage applied to leadframe (lp+ pins), based on IEC 60950	184	V _{peak}
Basic Isolation Voltage	V _{ISO(basic)}	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T _A =25°C	1500	V
		Voltage applied to leadframe (lp+ pins), based on IEC 60950	354	V _{peak}
Output Current Source	I _{OUT(source)}	*	3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(sink)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _o	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(max)}		165	°C
Storage Temperature	T _{stg}		-65 to 170	°C

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

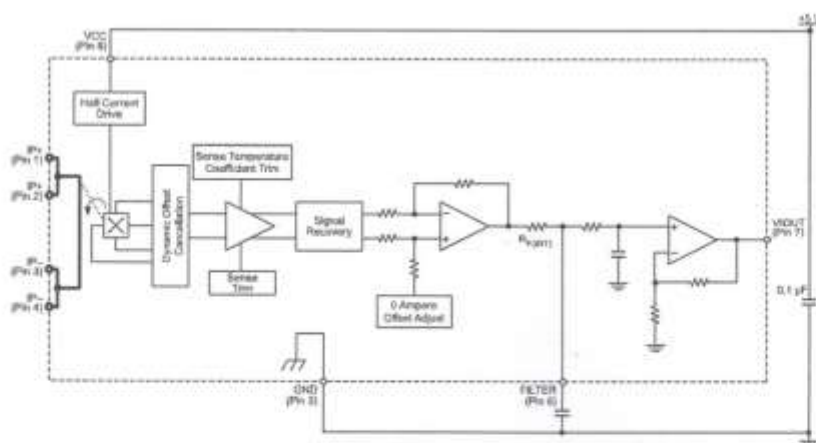


Allegro Microsystems, Inc.
115 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01610-0036 U.S.A.
1.508.853.5000; www.allegromicro.com

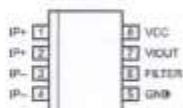
ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sensed; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sensed; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth
7	VOUT	Analog output signal
8	VCC	Device power supply terminal



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01415-2036 U.S.A.
1.508.553.5880; www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS¹ over full range of T_A , $C_4 = 1$ nF, and $V_{CC} = 5$ V, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0$ V, output open	—	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	VOUT to GND	—	—	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	VOUT to GND	4.7	—	—	kΩ
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	—	1.2	—	mΩ
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	—	5	—	μs
Frequency Bandwidth	f	−3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	—	80	—	kHz
Nonlinearity	ϵ_{LIN}	Over full range of I_P	—	1.5	—	%
Symmetry	ϵ_{SYM}	Over full range of I_P	88	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{OUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0$ A, $T_A = 25^\circ\text{C}$	—	$V_{CC} \times 0.5$	—	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	—	35	—	μs
Magnetic Coupling ²			—	12	—	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$		—	1.7	—	kΩ

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient, T_A , and internal leadframe temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²1 G = 0.1 mT.

³ $R_{F(INT)}$ forms an RC circuit via the FILTER pin.

COMMON THERMAL CHARACTERISTICS¹

		Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	T_A E range	−40	—	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance ²	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro A5EK 712 evaluation board		5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board		23	$^\circ\text{C/W}$

¹Additional thermal information is available on the Allegro website.

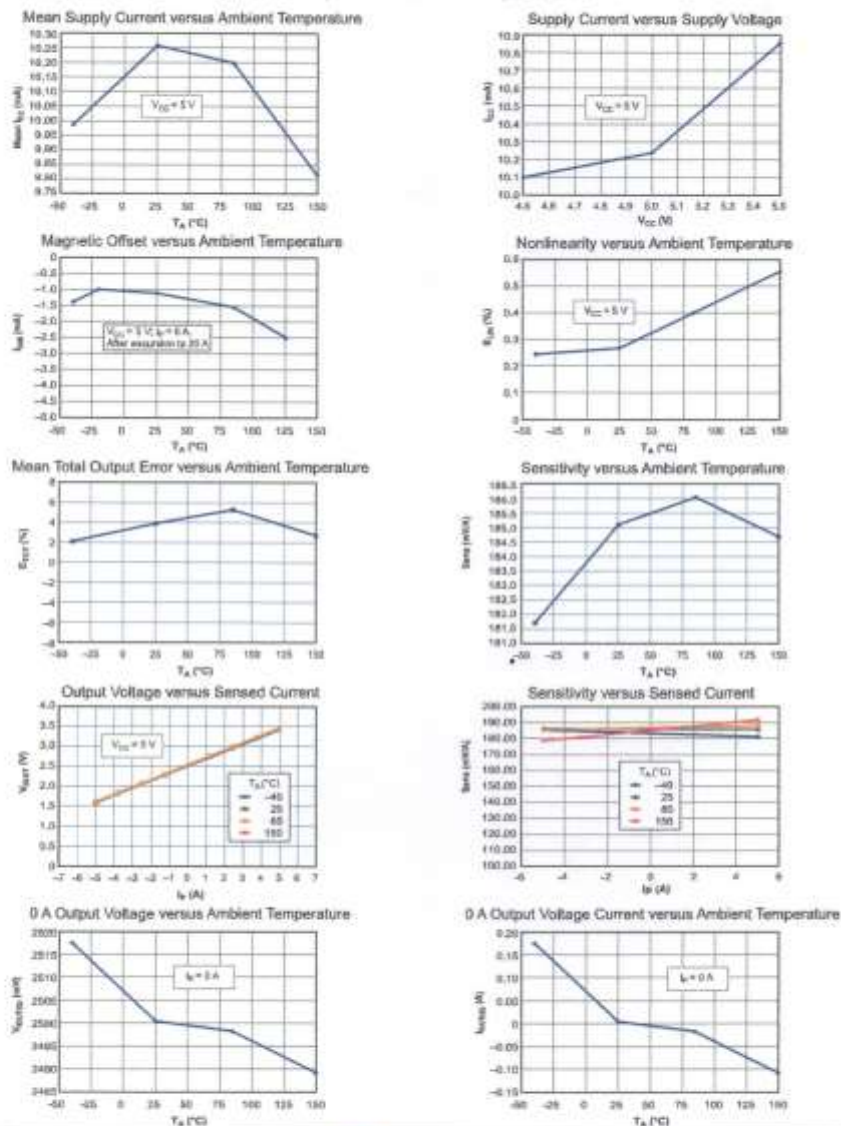
²The Allegro evaluation board has 1500 mm² of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro Microsystems, Inc.
1113 Northway, Cutoff
Worcester, Massachusetts 01115-0038 U.S.A.
1.508.653.5900, www.allegromicro.com

4

Characteristic Performance

 $I_F = 5\text{ A}$, unless otherwise specified

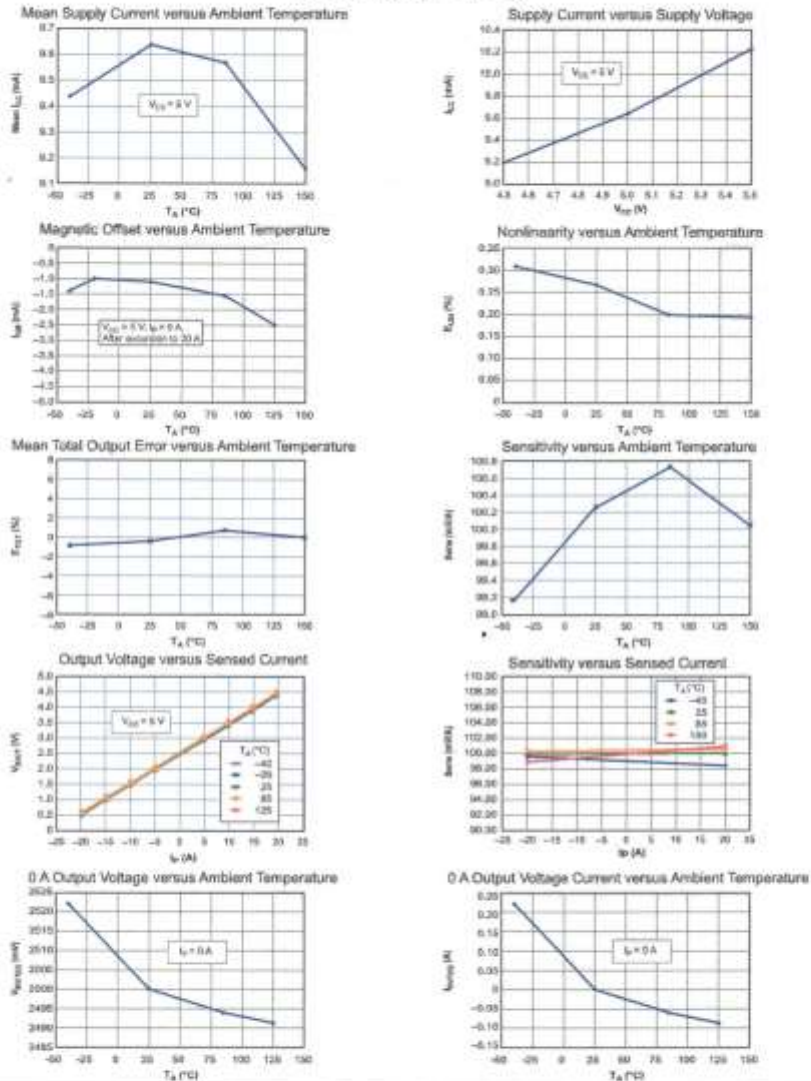
Allegro Microsystems, Inc.
1155 Northeast Cutoff
Worcester, MA 01605-0001 U.S.A.
1.508.851.9000, www.allegromicro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Characteristic Performance

$I_p = 20$ A, unless otherwise specified

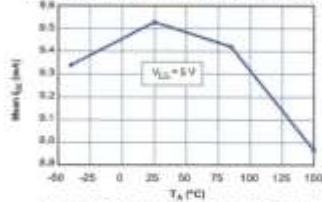


Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Street
Worcester, Massachusetts 01515-0006 U.S.A.
1.508.853.5600; www.allegromicro.com

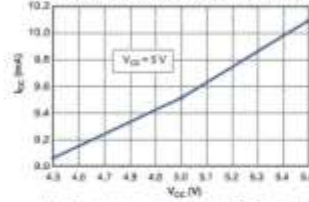
7

Characteristic Performance
 $I_p = 30\text{ A}$, unless otherwise specified

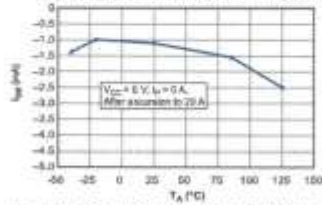
Mean Supply Current versus Ambient Temperature



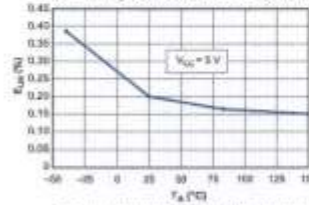
Supply Current versus Supply Voltage



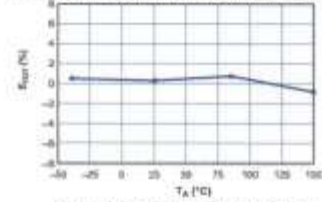
Magnetic Offset versus Ambient Temperature



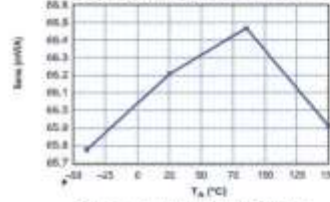
Nonlinearity versus Ambient Temperature



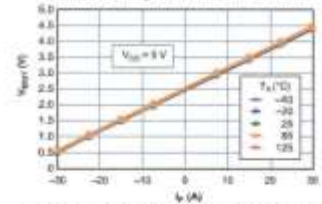
Mean Total Output Error versus Ambient Temperature



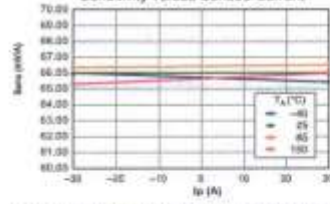
Sensitivity versus Ambient Temperature



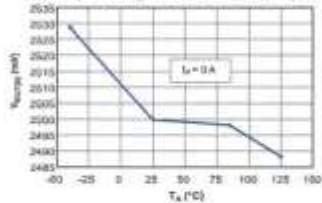
Output Voltage versus Sensed Current



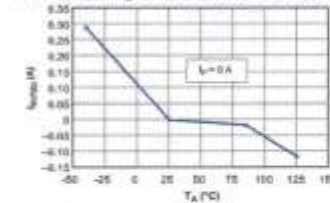
Sensitivity versus Sensed Current



0 A Output Voltage versus Ambient Temperature



0 A Output Voltage Current versus Ambient Temperature



Allegro MicroSystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.3000, www.allegro-micro.com

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta I_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.26	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.054	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.008	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 5\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P with $I_P = 5\text{ A}$. Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta I_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.34	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.07	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.017	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.004	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 20\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P with $I_P = 20\text{ A}$. Output filtered.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS $T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 85°C ¹, $C_F = 1\text{ nF}$, and $V_{CC} = 5\text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	64	66	68	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = \text{open}$, 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta I_{\text{OUT(Q)}}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	-0.35	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.08	-	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to 150°C	-	-0.002	-	mV/A/ $^{\circ}\text{C}$
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = \pm 30\text{ A}$, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	± 1.5	-	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P with $I_P = 30\text{ A}$. Output filtered.



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northwest Court
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.508.853.3500; www.allegromicro.com

Definitions of Accuracy Characteristics

Sensitivity (Sens). The change in sensor output in response to a 1 A change through the primary conductor. The sensitivity is the product of the magnetic circuit sensitivity (G/A) and the linear IC amplifier gain (mV/G). The linear IC amplifier gain is programmed at the factory to optimize the sensitivity (mV/A) for the full-scale current of the device.

Noise (V_{NOISE}). The product of the linear IC amplifier gain (mV/G) and the noise floor for the Allegro Hall effect linear IC (≈ 1 G). The noise floor is derived from the thermal and shot noise observed in Hall elements. Dividing the noise (mV) by the sensitivity (mV/A) provides the smallest current that the device is able to resolve.

Linearity (E_{LIN}). The degree to which the voltage output from the sensor varies in direct proportion to the primary current through its full-scale amplitude. Nonlinearity in the output can be attributed to the saturation of the flux concentrator approaching the full-scale current. The following equation is used to derive the linearity:

$$100 \left(1 - \frac{\left[\Delta \text{gain} \times \% \text{ sat } (V_{\text{OUT, full-scale amperes}} - V_{\text{OUT(Q)}}) \right]}{2 (V_{\text{OUT, half-scale amperes}} - V_{\text{OUT(Q)}})} \right)$$

where $V_{\text{OUT, full-scale amperes}}$ = the output voltage (V) when the sensed current approximates full-scale $\pm I_P$.

Symmetry (E_{SYM}). The degree to which the absolute voltage output from the sensor varies in proportion to either a positive or negative full-scale primary current. The following formula is used to derive symmetry:

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT, + full-scale amperes}} - V_{\text{OUT(Q)}}}{V_{\text{OUT(Q)}} - V_{\text{OUT, - full-scale amperes}}} \right)$$

Quiescent output voltage ($V_{\text{OUT(Q)}}$). The output of the sensor when the primary current is zero. For a unipolar supply voltage, it nominally remains at $V_{\text{CC}}/2$. Thus, $V_{\text{CC}} = 5$ V translates into $V_{\text{OUT(Q)}} = 2.5$ V. Variation in $V_{\text{OUT(Q)}}$ can be attributed to the resolution of the Allegro linear IC quiescent voltage trim and thermal drift.

Electrical offset voltage (V_{OFF}). The deviation of the device output from its ideal quiescent value of $V_{\text{CC}}/2$ due to nonmagnetic causes. To convert this voltage to amperes, divide by the device sensitivity, Sens.

Accuracy (E_{TOT}). The accuracy represents the maximum deviation of the actual output from its ideal value. This is also known as the total output error. The accuracy is illustrated graphically in the output voltage versus current chart at right.

Accuracy is divided into four areas:

- **0 A at 25°C.** Accuracy of sensing zero current flow at 25°C, without the effects of temperature.
- **0 A over Δ temperature.** Accuracy of sensing zero current flow including temperature effects.
- **Full-scale current at 25°C.** Accuracy of sensing the full-scale current at 25°C, without the effects of temperature.
- **Full-scale current over Δ temperature.** Accuracy of sensing full-scale current flow including temperature effects.

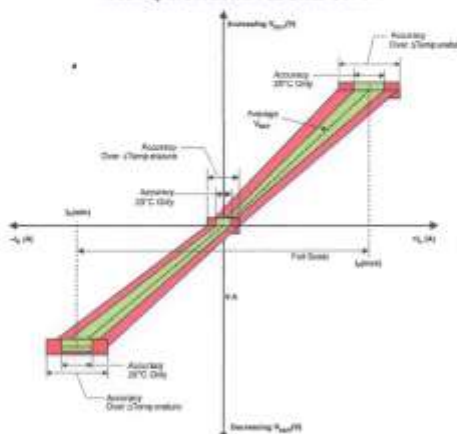
Ratiometry. The ratiometric feature means that its 0 A output, $V_{\text{OUT(Q)}}$ (nominally equal to $V_{\text{CC}}/2$) and sensitivity, Sens, are proportional to its supply voltage, V_{CC} . The following formula is used to derive the ratiometric change in 0 A output voltage, $\Delta V_{\text{OUT(Q)RAT}}$ (%).

$$100 \left(\frac{V_{\text{OUT(Q)}/V_{\text{CC}}} / V_{\text{OUT(Q)}/V}}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

The ratiometric change in sensitivity, $\Delta \text{Sens}_{\text{RAT}}$ (%), is defined as:

$$100 \left(\frac{\text{Sens}_{V_{\text{CC}}} / \text{Sens}_V}{V_{\text{CC}} / 5 \text{ V}} \right)$$

Output Voltage versus Sensed Current
Accuracy at 0 A and at Full-Scale Current



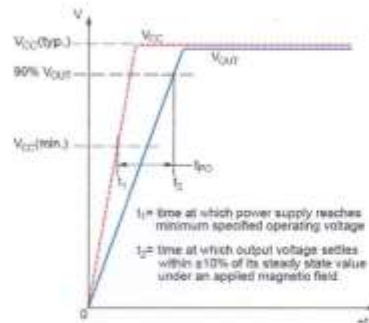
Allegro Microsystems, Inc.
110 Northgate Circle
Worcester, Massachusetts 01615-0096 U.S.A.
1.508.853.5000, www.allegromicro.com

ACS712

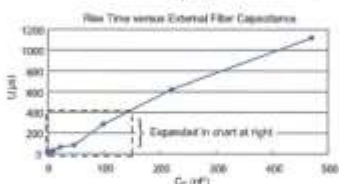
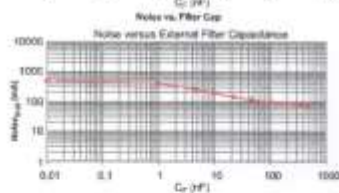
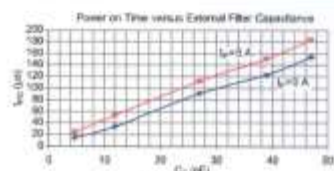
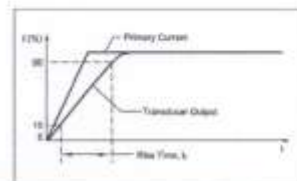
Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Definitions of Dynamic Response Characteristics

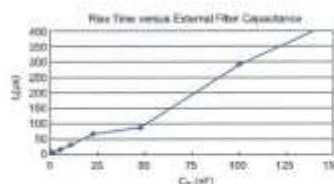
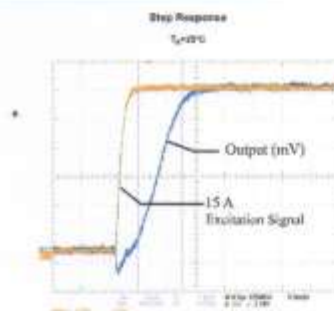
Power-On Time (t_{PO}). When the supply is ramped to its operating voltage, the device requires a finite time to power its internal components before responding to an input magnetic field. Power-On Time, t_{PO} , is defined as the time it takes for the output voltage to settle within $\pm 10\%$ of its steady state value under an applied magnetic field, after the power supply has reached its minimum specified operating voltage, $V_{CC}(\min)$, as shown in the chart at right.



Rise time (t_r). The time interval between a) when the sensor reaches 10% of its full scale value, and b) when it reaches 90% of its full scale value. The rise time to a step response is used to derive the bandwidth of the current sensor, in which $f(-3 \text{ dB}) = 0.35/t_r$. Both t_r and $t_{RESPONSE}$ are detrimentally affected by eddy current losses observed in the conductive IC ground plane.



C_F (pF)	t_r (ms)
0	0.5
1	0.5
4.7	17.4
10	32.1
22	53.2
47	66.2
100	291.2
220	623.0
470	1120.0



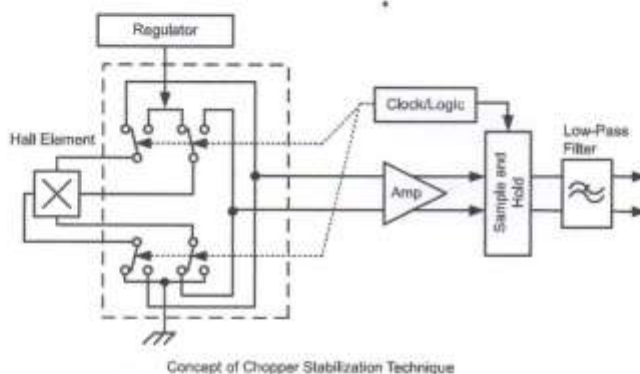
Allegro Microsystems, Inc.
 115 Northeast Cutler
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
 1.508.853.3000, www.allegromicro.com

Chopper Stabilization Technique

Chopper Stabilization is an innovative circuit technique that is used to minimize the offset voltage of a Hall element and an associated on-chip amplifier. Allegro patented a Chopper Stabilization technique that nearly eliminates Hall IC output drift induced by temperature or package stress effects. This offset reduction technique is based on a signal modulation-demodulation process. Modulation is used to separate the undesired dc offset signal from the magnetically induced signal in the frequency domain. Then, using a low-pass filter, the modulated dc offset is suppressed while the magnetically induced signal passes through the filter.

As a result of this chopper stabilization approach, the output voltage from the Hall IC is desensitized to the effects of temperature and mechanical stress. This technique produces devices that have an extremely stable Electrical Offset Voltage, are immune to thermal stress, and have precise recoverability after temperature cycling.

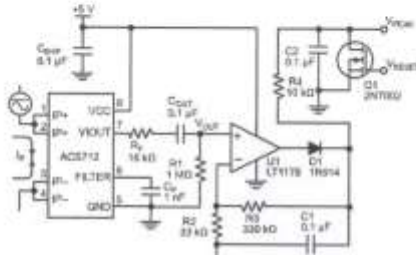
This technique is made possible through the use of a BiCMOS process that allows the use of low-offset and low-noise amplifiers in combination with high-density logic integration and sample and hold circuits.



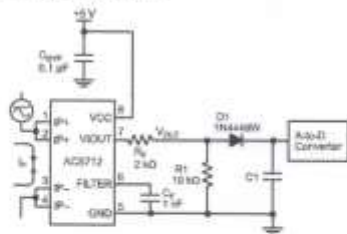
Allegro Microsystems, Inc.
115 Northwood Court
Worcester, Massachusetts 01615-2038 U.S.A.
1.800.833.5000, www.allegromicro.com

11

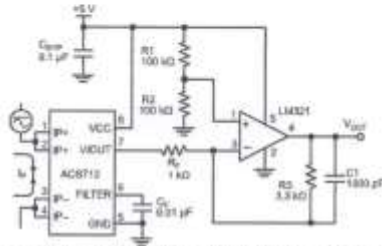
Typical Applications



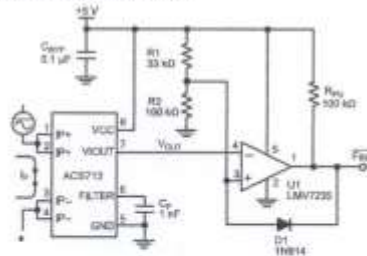
Application 2. Peak Detecting Circuit



Application 4. Rectified Output. 3.3 V scaling and rectification application for A-to-D converters. Replaces current transformer solutions with simpler ACS circuit. C1 is a function of the load resistance and filtering desired. R1 can be omitted if the full range is desired.



Application 3. This configuration increases gain to 610 mV/A (tested using the ACS712ELC-05A).



Application 5. 10 A Overcurrent Fault Latch. Fault threshold set by R1 and R2. This circuit latches an overcurrent fault and holds it until the 5 V rail is powered down.

ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with
2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Improving Sensing System Accuracy Using the FILTER Pin

In low-frequency sensing applications, it is often advantageous to add a simple RC filter to the output of the sensor. Such a low-pass filter improves the signal-to-noise ratio, and therefore the resolution, of the sensor output signal. However, the addition of an RC filter to the output of a sensor IC can result in undesirable sensor output attenuation — even for dc signals.

Signal attenuation, ΔV_{ATT} , is a result of the resistive divider effect between the resistance of the external filter, R_F (see Application 6), and the input impedance and resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . The transfer function of this resistive divider is given by:

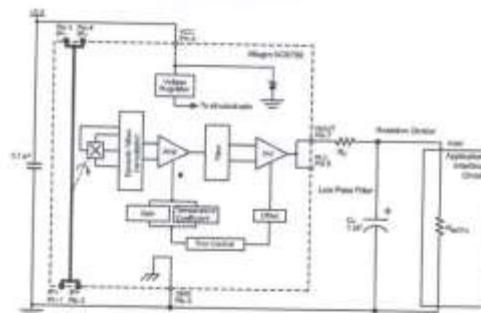
$$\Delta V_{ATT} = V_{OUT} \left(\frac{R_{INTFC}}{R_F + R_{INTFC}} \right)$$

Even if R_F and R_{INTFC} are designed to match, the two individual resistance values will most likely drift by different amounts over

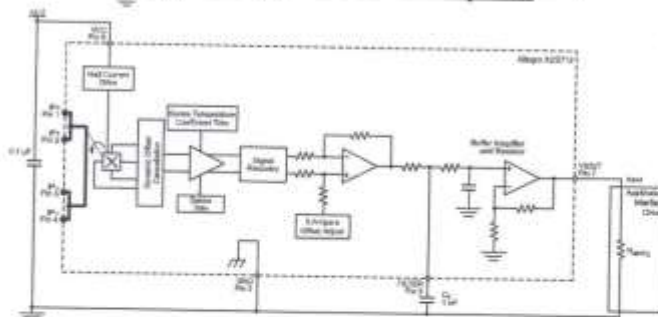
temperature. Therefore, signal attenuation will vary as a function of temperature. Note that, in many cases, the input impedance, R_{INTFC} , of a typical analog-to-digital converter (ADC) can be as low as 10 k Ω .

The ACS712 contains an internal resistor, a FILTER pin connection to the printed circuit board, and an internal buffer amplifier. With this circuit architecture, users can implement a simple RC filter via the addition of a capacitor, C_F (see Application 7) from the FILTER pin to ground. The buffer amplifier inside of the ACS712 (located after the internal resistor and FILTER pin connection) eliminates the attenuation caused by the resistive divider effect described in the equation for ΔV_{ATT} . Therefore, the ACS712 device is ideal for use in high-accuracy applications that cannot afford the signal attenuation associated with the use of an external RC low-pass filter.

Application 6. When a low pass filter is constructed externally to a standard Hall effect device, a resistive divider may exist between the filter resistor, R_F , and the resistance of the customer interface circuit, R_{INTFC} . This resistive divider will cause excessive attenuation, as given by the transfer function for ΔV_{ATT} .



Application 7. Using the FILTER pin provided on the ACS712 eliminates the attenuation effects of the resistor divider between R_F and R_{INTFC} , shown in Application 6.



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northeast Cutoff
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.
1.800.851.2900, www.allegromicro.com

13

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

Two alternative patterns are used:



ACS712T RLCPPP YYWWAA	ACS	Allegro Current Sensor
	712	Device family number
	T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
	R	Operating ambient temperature range code
	LC	Package type designator
	PPP	Primary sensed current
	YY	Date code: Calendar year (last two digits)
	WW	Date code: Calendar week
	A	Date code: Shift code

ACS712T ALCPAP L.L.* YYWW	ACS	Allegro Current Sensor
	712	Device family number
	T	Indicator of 100% matte tin leadframe plating
	R	Operating ambient temperature range code
	LC	Package type designator
	PP	Primary sensed current
	L.L.	Lnt code
	YY	Date code: Calendar year (last two digits)
	WW	Date code: Calendar week

The information included herein is believed to be accurate and reliable. However, Allegro MicroSystems, Inc. assumes no responsibility for its use, nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use.

www.allegromicro.com



Allegro Microsystems, Inc.
115 Northern Oaks
Worcester, Massachusetts 01605 U.S.A.
1.508.853.5080; www.allegromicro.com

7.4. Datasheet ZMPT101B.

Anexo 4

ZMPT101B(ZMPT107) voltage transformer operating guide

1、Wiring diagram

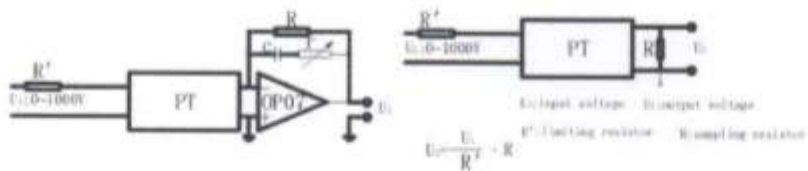


Figure I

Figure II

2、Determination of maximum output rms voltage

U_{max}:

U_{max} is decided by the AD peak voltage in the sampling loop in principle.

As for Bipolar AD, $U_{max} = \frac{\text{Peak voltage } e}{\sqrt{2}}$

As for unipolar AD, $U_{max} = \frac{\text{peak voltage}}{2\sqrt{2}}$

for example:

As for $\pm 5V$ AD, the maximum rms voltage of the transformer: $U_{max} = 5V / \sqrt{2} = 3.53V$

As for 0~3.3V AD, the maximum rms voltage of

the transformer: $V_{\max} = 3.3V / 2\sqrt{2} = 1.16V$

3、Determination of input current-limiting resistor R'

Current-limiting resistor $R' = \frac{V}{I}$

V: Rated input voltage

I : Rated operating current (when Coil resistance is compared with current-limiting resistor R' , it can be ignored.)

ZMPT101B/ZMPT107 usually working at rated current:1~2mA. When Rated input voltage $\leq 100V$, Usually choosing the operating current $I=2mA$; When Rated input voltage $\geq 220V$, To reducing the resistor power, Usually choosing the operating current $1mA \leq I \leq 2mA$.

for example: $V=100V$, $I=2mA$,

$$R' = \frac{V}{I} = 50K\Omega$$

for example: $V=220V$, $I=1.1mA$,

$$R' = \frac{V}{I} = 200K\Omega$$

To improve reliability, the current-limiting resistor selected usually is greater than its 4times the rated power, and generally use a high

temperature coefficient metal film resistor.

4、Determination of the sampling resistor R

$$R = \frac{V_{\text{outputmax}}}{I} = \frac{V_{\text{outputmax}}}{V_{\text{inputmax}}} \bullet R$$

for example: $V_{\text{outputmax}} = 3.53\text{V}$, $V_{\text{inputmax}} = 120\text{V}$, $R = 50\text{ k}\Omega$

$$R = \frac{3.53}{120} \times 50\text{ k}\Omega = 1.471\text{ k}\Omega$$

Directions:

(1) Above formula is also suitable for the two ways of active and passive output .

(2)when selecting the sampling resistor, Resistor should not exceed : $V_{\text{outputmax}} \bullet R / V_{\text{inputmax}}$

5、The advantages and disadvantages of the two wiring

(1)、Active output

Advantage: high precise, small phase error, high output voltage, strong load capacity.

As for unipolar AD, the positive input terminal of the op amp can plus a fixed benchmark reference voltage to solve.

Meanwhile, in order to simplify the line, Generally do not access the c and r which are for the phase compensation. If you need to compensate, Usually

use the software way.

Disadvantage: Line is a little more complicated.

(2). Passive output

Advantage: Simple circuit. High precision.

Disadvantage: The output voltage has certain limitations , The greater the load resistance, the greater the phase difference

Typical testing data are as follows: