ISBN: 978-99961-39-09-3 (Impreso)
ISBN: 978-99961-39-10-9 (E-Book)

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

PLATAFORMA IoT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON TECNOLOGÍA OPEN HARDWARE

Aplicación Área Académica

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. RICARDO EDGARDO QUINTANILLA PADILLA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. CARLOS LEVI CARTAGENA LOBOS

INGENIERÍA ELÉCTRICA Y SISTEMAS INFORMÁTICOS
CENTRO REGIONAL SANTA ANA

ENERO 2019

GOBIERNO DE EL SALVADOR
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
ITCA EDITORES

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

Comisión de Acreditación de la Calidad Académica
INSTITUCIÓN ACREDITADA
2015-2020

ISBN: 978-99961-39-09-3 (Impreso)
ISBN: 978-99961-39-10-9 (E-Book

INFORME FINAL DE INVESTIGACIÓN

PLATAFORMA IOT PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE VARIABLES FÍSICAS CON TECNOLOGÍA OPEN HARDWARE

Aplicación Área Académica

DOCENTE INVESTIGADOR PRINCIPAL:
ING. RICARDO EDGARDO QUINTANILLA PADILLA

DOCENTE CO INVESTIGADOR:
ING. CARLOS LEVI CARTAGENA LOBOS

INGENIERÍA ELÉCTRICA Y SISTEMAS INFORMÁTICOS
CENTRO REGIONAL SANTA ANA

ENERO 2019

GOBIERNO DE EL SALVADOR
MINISTERIO DE EDUCACIÓN
ITCA EDITORES

ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA-FEPADE
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
SANTA TECLA, LA LIBERTAD, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

Comisión de Acreditación de la Calidad Académica
INSTITUCIÓN ACREDITADA
2015-2020

Rectora
Licda. Elsy Escolar SantoDomingo

Vicerrector Académico
Ing. Carlos Alberto Arriola Martínez

Vicerrectora Técnica Administrativa
Inga. Frineé Violeta Castillo

Dirección de Investigación y Proyección Social
Ing. Mario W. Montes Arias, Director
Ing. David Emmanuel Ágreda Trujillo
Inga. Ingrid Janeth Ulloa de Posada
Sra. Edith Aracely Cardoza de González

Director Centro Regional Santa Ana
Ing. Manuel Antonio Chicas Villeda

629.895
Q7p
SV
Quintanilla Padilla, Ricardo Edgardo, 1976 -
Plataforma IoT para el control y monitoreo de variables físicas con tecnología Open Hardware : aplicación área académica / Ricardo Edgardo Quintanilla Padilla, Carlos Levi Cartagena Lobos, coaut. --1ª ed. -- Santa Tecla, La Libertad, El Salv. : ITCA Editores, 2019.
56 p. : il. ; 28 cm.
Datos publicados también en forma digital
ISBN: 978-99961-39-09-3 (Impreso)
ISBN: 978-99961-39-10-9 (E-Book

1. Control de la temperatura – Equipo electrónico. 2. Internet de las Cosas. 3. Densidad eléctrica. 4. Controladores programables. I. Cartagena Lobos, Carlos Levi, coaut. II. Título.

Autor
Ing. Ricardo Edgardo Quintanilla Padilla

Co Autor
Ing. Carlos Levi Cartagena Lobos

Tiraje: 13 ejemplares
Año 2019

Este documento técnico es una publicación de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE; tiene el propósito de difundir la Ciencia, la Tecnología y la Innovación CTI, entre la comunidad académica, el sector empresarial y la sociedad, como un aporte al desarrollo del país. Para referirse al contenido debe citar el nombre del autor y el título del documento. El contenido de este Informe es responsabilidad de los autores.

Atribución-No Comercial
Compartir Igual
4.0 Internacional

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons. No se permite el uso comercial de la obra original ni de las posibles obras derivadas, cuya distribución debe hacerse mediante una licencia igual que la sujeta a la obra original.

Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE
Km 11.5 carretera a Santa Tecla, La Libertad, El Salvador, Centro América
Sitio Web: www.itca.edu.sv
TEL: (503)2132-7423

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN 4

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 4

2.1. Definición del problema 4

2.2. Antecedentes 5

2.3. Justificación 5

3. OBJETIVOS 7

3.1. Objetivo General 7

3.2. Objetivos Específicos 7

4. HIPÓTESIS 7

5. MARCO TEÓRICO 7

5.1. Domótica 7

5.2. Internet de las Cosas IoT 8

5.3. Computación en la Nube 9

5.4. Open Hardware 9

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 13

7. RESULTADOS 14

7.1. Red PAN (personal area network) 14

7.2. Tarjeta para Monitor de Energía Eléctrica (PWRMONTX_V2) 16

7.3. Tarjeta para el Manejo de Cargas Eléctricas (POWERCONTROL_V1) 17

7.4. Tarjeta para la Medición de la Temperatura (TMONTX_V1) 18

7.5. Funcionamiento Global del Sistema. 19

7.6. Monitoreo de la Energía Eléctrica 20

7.7. Monitoreo de la Temperatura 22

7.8. Control de Cargas 23

7.9. Caracterización de los Componentes 26

7.10. Diseños 34

7.11. Limitantes 39

8. CONCLUSIONES 40

9. RECOMENDACIONES 40

10. GLOSARIO 40

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 41

Libros 41

Sitios Web 42

12. ANEXOS 43

12.1. Anexo #1 tarjetas desarrolladas 43

12.2. Anexo # 2 sistema web para consulta de datos 46

1. INTRODUCCIÓN

El Internet de las Cosas IoT, por sus siglas en inglés, se orienta a la interconexión de los objetos de uso diario con la www, término acuñado por Kevin Ashton en 1999.

El Internet de las Cosas se está integrando de manera muy rápida en nuestra sociedad, basta con ver la cantidad de elementos que podemos encontrar para la solución de problemas diarios.

En el área industrial el IoT es la columna vertebral para la implementación de la Industria 4.0, la cual describe como los procesos industriales pueden llegar a ser digitalizados e interconectados entre ellos. Este término fue acuñado en el año 2011 en Alemania en la feria industrial de Hannover por los profesores: Henning Kagermann, físico ex director de SAP AG. Wolfgang Wahister Centro Alemán Inteligencia Artificial, DFKI.

El IoT a través de los años está evolucionando debido a las nuevas tecnologías y al mejoramiento de las interconexiones de los dispositivos. La fabricación de nuevos sensores encapsulados de pequeñas dimensiones ayuda a que su difusión y puesta en marcha sea cada vez más fácil.

A nivel mundial Alemania es uno de los países pioneros en el desarrollo de tecnologías del IoT para la Industria 4.0, con el soporte de empresas tecnológicas de gran peso industrial (SAP, Bosch, Siemens, Festo). En El Salvador es una tecnología poco conocida y requiere de mayor difusión en el entorno académico e industrial, para encontrar aplicaciones creativas que mejoren la competitividad de nuestro país a nivel mundial.

Este proyecto es un esfuerzo para comprender el funcionamiento y las aplicaciones potenciales de esta corriente tecnológica. Se ha diseñado y construido una plataforma IoT utilizando herramientas de Software y Hardware Libre para el control y la medición de variables físicas como: temperatura, corriente eléctrica y potencia eléctrica. La implementación de la plataforma IoT se ha realizado en el Centro de Cómputo 2 y el Aula 103 de ITCA-FEPADE Centro Regional Santa Ana.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Dados los avances en las tecnologías de la información es de gran importancia contar con sistemas de monitoreo con toma de decisiones autónomas.

ITCA-FEPADE cuenta con 4 centros regionales y la Sede Central en Santa Tecla. Al día hoy no se puede saber con certeza el consumo de energía demandada por los diferentes espacios físicos.

A pesar de que ITCA-FEPADE ha implementado sistemas domóticos no tiene datos exactos de cuanta energía es demanda por cada espacio y la toma de decisiones para optimizar es a discreción de los humanos.

Además, el aire acondicionado es encendido y apagado a discreción del docente y a veces no es necesario su uso incrementando el costo de la energía eléctrica.

2.2. ANTECEDENTES

En el año 2017 el centro regional de Zacatecoluca desarrollo un prototipo de control y monitoreo de parámetros ambientales implementando el internet de las cosas. El cual solo se enfoca en la lectura de la temperatura haciendo uso de un solo sensor utilizando la plataforma Arduino.

En el año 2008 se desarrolló un proyecto para ITCA Santa Ana, el cual consistía en el control de luces, aire acondicionado, control de accesos y monitoreo de cámaras a través de internet. Las partes principales se detallan a continuación:

a) Tarjetas electrónicas que integran un sistema embebido con microcontrolador, una interfaz de potencia y comunicación serial cableada. (Fig. 1)

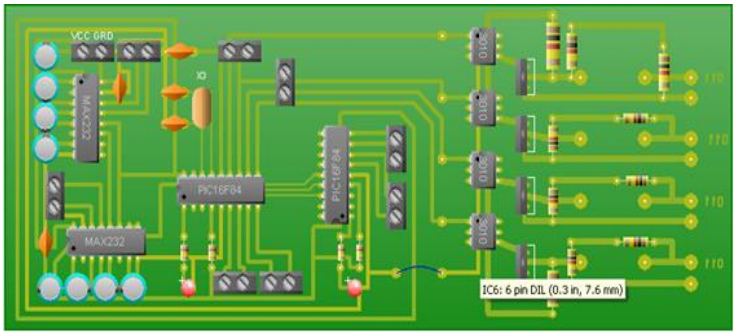


Fig.1: Tarjeta para el control de luces y puertas.

b) Software para el control remoto.

c) Sistemas locales de control de luces y aire acondicionado con PLC.

En la regional de ITCA San Miguel, se ha diseñado y construido un sistema digital para el control central del sistema eléctrico utilizando tecnología Arduino y Android.

Este proyecto tuvo como propósito la búsqueda y la aplicación de la tecnología para desarrollar un sistema digital, que permita el control central de circuitos eléctricos de forma remota e inalámbrica a un área específica, utilizando dispositivos Arduino y Android vía Wi-Fi. Para lograr el control de los segmentos de la red eléctrica se adecuaron las instalaciones existentes , se construyeron los circuitos de hardware con Arduino; se construyó la interfaz gráfica de usuario para la comunicación y acceso a los segmentos de red vía web y a través de dispositivos móviles; se elaboró una aplicación web para el control central y acceso a los circuitos de la red eléctrica y se integró el nuevo sistema desarrollado a una aplicación informática existente para administrar el uso de las llaves de las aulas , laboratorios y talleres.

2.3. JUSTIFICACIÓN

Es importante señalar que la sociedad está cambiando a pasos agigantados en el mundo digital, debido a que los cambios se dan de forma exponencial.

Se pasó de páginas web estáticas a entornos digitales móviles, en nuestra sociedad estar conectados a

internet y administrar la vida desde un smartphone o una Tablet era algo difícil de pensar apenas hace 5 años.

Este es el escenario donde día a día el termino IoT "Internet of Things o Internet de las cosas" adquiere relevancia para la integración de los dispositivos tecnológicos con el internet. Objetos de uso cotidiano suministran datos para así poder monitorearlos y tener control sobre estos.

Actualmente gracias al IoT las empresas pueden conocer cuáles son los problemas de sus clientes al mismo tiempo que ellos o incluso antes. Esta circunstancia no solo facilitará la creación de nuevos productos y servicios más personalizados y predictivos, sino que también modificará los procesos empresariales.

La enorme proliferación de dispositivos móviles asegura una amplia base de datos sobre los clientes, nuevos productos y servicios, saber qué información hay que relacionar y cual no, algunos sectores que pueden beneficiarse de estas oportunidades de innovación son:

- **Infraestructura:** Seguimiento y control de semáforos, puentes o vías (tanto de carácter urbano como rural), detección de cambios en las condiciones estructurales, respuesta inmediata en emergencias, mejora de la calidad, etc.
- **Medio Ambiente:** Optimización de recursos a la hora de prevenir y mejorar la eficiencia. Por ejemplo, estableciendo un control de calidad del aire o del agua, de las condiciones atmosféricas o del suelo.
- **Industria y producción en masa:** Programación de actividades de reparación y mantenimiento, control y gestión centralizada de procesos, optimización de la cadena de producción o respuesta rápida a las demandas de producto.
- **Energía:** Monitorización remota del consumo energético, almacenamiento inteligente, sistemas de detección y actuación, optimización del consumo energético, etc.
- **Medicina y salud:** En este caso pueden utilizarse dispositivos para proporcionar datos operativos a tiempo real, habilitar sistemas de notificación de emergencia y vigilancia remota o supervisar y asegurar el bienestar general de personas mayores o con enfermedades crónicas.
- **Logística y Transporte:** Seguimiento de los sistemas de transporte que incluyan al vehículo, conductor e infraestructura, control del tráfico inteligente, elección del estacionamiento, implantación de sistemas de cobro electrónico de peajes, gestión de logística y flota o asistencia vial y seguridad.
- **Entretenimiento:** Mejora y creación de sensores en dispositivos móviles, tecnologías de realidad virtual o consolas con sensores de movimiento que sirvan para mejorar la experiencia del usuario.

Aunque parezca fácil, el Internet de las Cosas requiere una estructura tremendamente compleja, además de una especial atención a la seguridad de todos esos datos almacenados. Sin embargo, sus ventajas y oportunidades hacen que merezca la pena: añaden eficiencia a nuestra vida, su aplicación no es excesivamente cara, abre nuevas oportunidades de negocio y mejora los procesos de trabajo existentes."

Se trata de un auténtico cambio de la forma en la que se vive y trabaja y que requerirá estar preparado para un mundo ´inteligente' donde serán 200.000 millones los dispositivos conectados para 2020, lo que significa que se tendrá la impresionante cifra de más de 26 aparatos conectados por individuo, según las estimaciones.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Crear una Plataforma IOT para el control y monitoreo de variables físicas con tecnología open hardware.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar el estado de la técnica a nivel internacional.
- Diseño de hardware modular para la captura del consumo de energía eléctrica y gradientes de temperatura.
- Implementar una plataforma en la nube basada internet de las cosas.
- Crear red de comunicación para los diferentes dispositivos del proyecto.
- Reacondicionar red eléctrica del Centro de Computo 2 y aula C103

4. HIPÓTESIS

¿Es posible obtener información en tiempo real de variables físicas en La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE para la implementación futura de sistemas de control autónomo escalable o toda la regional?

5. MARCO TEÓRICO

5.1. DOMÓTICA

La domótica es un término empleado en el área de la tecnología, para referirse a todo aquello que constituye el dominio y la supervisión de todos los elementos que integran una edificación compuesta por oficinas o sencillamente una vivienda. Es un grupo de tecnologías que se encuentran adaptadas para ejercer el control y sistematización dentro de una vivienda, con la finalidad de poder proporcionar un eficiente uso de la energía, así como aportar seguridad y comodidad; permitiendo de esta manera que exista una comunicación entre el beneficiario y el sistema.

Este tipo de sistema permite la recolección de información a través de unos sensores que se encargan de procesar y transmitir órdenes a unos actuadores o salidas. La domótica surge como una solución a todas las demandas planteadas por las nuevas tendencias y modificaciones que forman parte de la nueva forma de vivir de las personas, permitiendo a través de ella el diseño de casas y viviendas mucho más humanizadas, flexibles y multifuncionales.

5.2. INTERNET DE LAS COSAS IOT

Paradigma tecnológico que define la dotación de conectividad internet a cualquier objeto sobre el que se puede medir parámetros físicos o actuar, así como las aplicaciones y tratamiento de datos inteligentes relativos a los mismos.

Es una de las áreas tecnológicas de mayor crecimiento, las estimaciones más positivas hablan de 50 mil millones de objetos conectados en 2020.

¿Qué es una plataforma IoT?

Una plataforma IoT es la base para que dispositivos estén interconectados y se genere un ecosistema propio. Dicho de otra forma y según Link-labs, una plataforma web integrada al Internet of Things (IoT) es el software que conecta hardware, puntos de acceso y redes de datos a lo que generalmente suele ser la aplicación de la que disfruta el usuario.

El mercado de las plataformas IoT está en auge y en continua expansión, de hecho hay encuestas que hablan de que más 80% de las empresas cree que el campo del Internet of Things es el más interesante para sus negocios.

¿Cuáles son las propiedades de una plataforma IoT?

En este punto hay dos matices: el primero, por el cual de una manera simple, una plataforma IoT puede consistir en una plataforma de software, una plataforma de desarrollo de aplicaciones y una plataforma de análisis. Una verdadera plataforma Iot consta de 8 importantes bloques. Estos son:

1. **Conectividad y normalización:** con diferentes protocolos y diferentes formatos de datos en una interfaz de "software" garantiza la precisa transmisión de datos y la interacción con todos los dispositivos.
2. **La gestión de dispositivos:** asegura que todas las "cosas" conectadas están funcionando correctamente.
3. **Base de datos:** almacenamiento escalable de datos del dispositivo basados en la nube a un nuevo nivel en términos de volumen de datos, variedad, velocidad y veracidad.
4. **Procesamiento y gestión de la acción:** aporta datos basados en reglas de acción de evento-disparadores que permitan la ejecución de las acciones "inteligentes" basados en datos específicos del sensor.
5. **Analítica:** lleva a cabo una serie de análisis complejo de la agrupación de datos básicos y de aprendizaje automático.
6. **Visualización:** permite a los seres humanos observar las tendencias de cuadros de mando de visualización de datos, donde se retrata vívidamente a través de gráficos.
7. **Herramientas adicionales:** la IoT permiten a los desarrolladores de prototipos, probar y comercializar para visualizar, gestionar y controlar los dispositivos conectados.
8. **Interfaces externas:** se integran con los sistemas de 3 ª parte y el resto del ancho de TI en los ecosistemas a través de una función de interfaces de programación de aplicaciones (API), kits de desarrollo de software (SDK), y puertas de enlace.

5.3. COMPUTACIÓN EN LA NUBE

La computación en la nube son servidores desde internet encargados de atender las peticiones en cualquier momento .Se puede tener acceso a su información o servicio, mediante una conexión a internet desde cualquier dispositivo móvil o fijo ubicado en cualquier lugar. Sirven a sus usuarios desde varios proveedores de alojamiento repartidos frecuentemente también por todo el mundo .Esta medida reduce los costes, garantiza un mejor tiempo de actividad y que los sitios web sean invulnerables a los hackers y a los gobiernos locales.

En otros términos, la computación en nube viene a ser la red de computadores que tienen como fin dar un servicio (cualquiera que sea) en base a la internet.

Ejemplos de servicios de computación en la nube:

- Facebook
- Twitter
- Google (los servicios como gmail, youtube, el buscador, etc…)
- Wikipedia
- Etc.

5.4. OPEN HARDWARE

El término open hardware se refiere al hardware cuyo diseño se hace públicamente disponible para que cualquiera pueda estudiarlo, modificarlo y distribuirlo, además de poder producir y vender hardware basado en ese diseño. Tanto el hardware como el software que lo habilita, siguen la filosofía del software libre. Hoy en día, el término “hágalo usted mismo” (DIY por sus siglas en inglés) se está popularizando en el hardware gracias a proyectos como Arduino que es una fuente abierta de prototipos electrónicos, una plataforma basada en hardware flexible y fácil de utilizar que nació en Italia en el año 2005.

El movimiento de hardware abierto o libre, busca crear una gran librería accesible para todo el mundo, lo que ayudaría a las compañías a reducir en millones de dólares en trabajos de diseño redundantes. Ya que es más fácil tener una lluvia de ideas propuesta por miles o millones de personas, que por solo una compañía propietaria del hardware, tratando así de que la gente interesada entienda cómo funciona un dispositivo electrónico, pueda fabricarlo, programarlo y poner en práctica esas ideas en alianza con las empresas fabricantes, además se reduciría considerablemente la obsolescencia programada y en consecuencia se evitaría tanta basura electrónica que contamina el medio ambiente. Al hablar de open hardware hay que especificar de qué tipo de hardware se está hablando, ya que está clasificado en dos tipos:

- **Hardware estático.** Se refiere al conjunto de elementos materiales de los sistemas electrónicos (tarjetas de circuito impreso, resistencias, capacitores, LEDs, sensores, etcétera).

- **Hardware reconfigurable.** Es aquél que es descrito mediante un HDL (Hardware Description Language). Se desarrolla de manera similar a como se hace software. Los diseños son archivos de texto que contienen el código fuente.

Las plataformas open hardware de mayor difusión en la actualidad son:

Arduino UNO:

Arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa. Puedes usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos de Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador (ej. Flash, Processing, MaxMSP). La placa puedes montarla tu mismo o comprarla ya lista para usar, y el software de desarrollo es abierto y lo puedes descargar gratis.

Raspberry Pi:

Es un computador de placa reducida, computador de placa única o computador de placa simple (SBC) de bajo costo desarrollado en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi, con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas.

Aunque no se indica expresamente si es hardware libre o con derechos de marca, en su web oficial explican que disponen de contratos de distribución y venta con dos empresas, pero al mismo tiempo cualquiera puede convertirse en revendedor o redistribuidor de las tarjetas RaspBerry Pi, por lo que da a entender que es un producto con propiedad registrada, manteniendo el control de la plataforma, pero permitiendo su uso libre tanto a nivel educativo como particular.

Protocolo ZigBee (IEEE 802.15.4):

ZigBee es una nueva tecnología inalámbrica de corto alcance y bajo consumo originaria de la antigua alianza HomeRF y que se definió como una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar como la seguridad y la automatización.

Entre las aplicaciones que puede tener están:

- Domótica.
- Automatización industrial.
- Reconocimiento remoto.
- Juguetes interactivos.
- Medicina.
- Etc.

El objetivo de esta tecnología no es obtener velocidades muy altas, ya que solo puede alcanzar una tasa de 20 a 250Kbps en un rango de 10 a 75 metros, si no que es obtener sensores cuyos transceptores tengan un muy bajo consumo energético. De hecho, algunos dispositivos alimentados con dos pilas AA puedan aguantar 2 años sin el cambio de baterías. Por tanto, dichos dispositivos pasan la mayor parte del tiempo en un estado latente, es decir, durmiendo para consumir mucho menos.

Bandas de operación

ZigBee opera en las bandas libres de 2.4Ghz, 858Mhz para Europa y 915Mhz para Estados Unidos. En la siguiente figura se puede ver el espectro de ocupación en las bandas del protocolo 802 (incluyendo ZigBee).

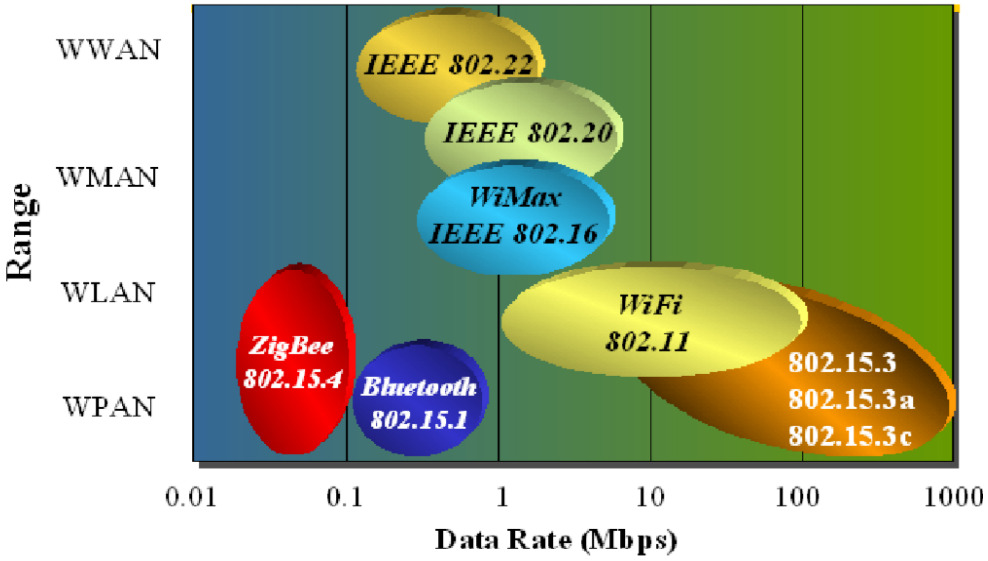


Fig. 2 Tecnologías en 2.4GHz

En la banda de 2.4Ghz usa la modulación de espectro expandido DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum). A una velocidad de transmisión de 250Kbps y a una potencia de 1mW cubre aproximadamente unos 13 metros de radio.

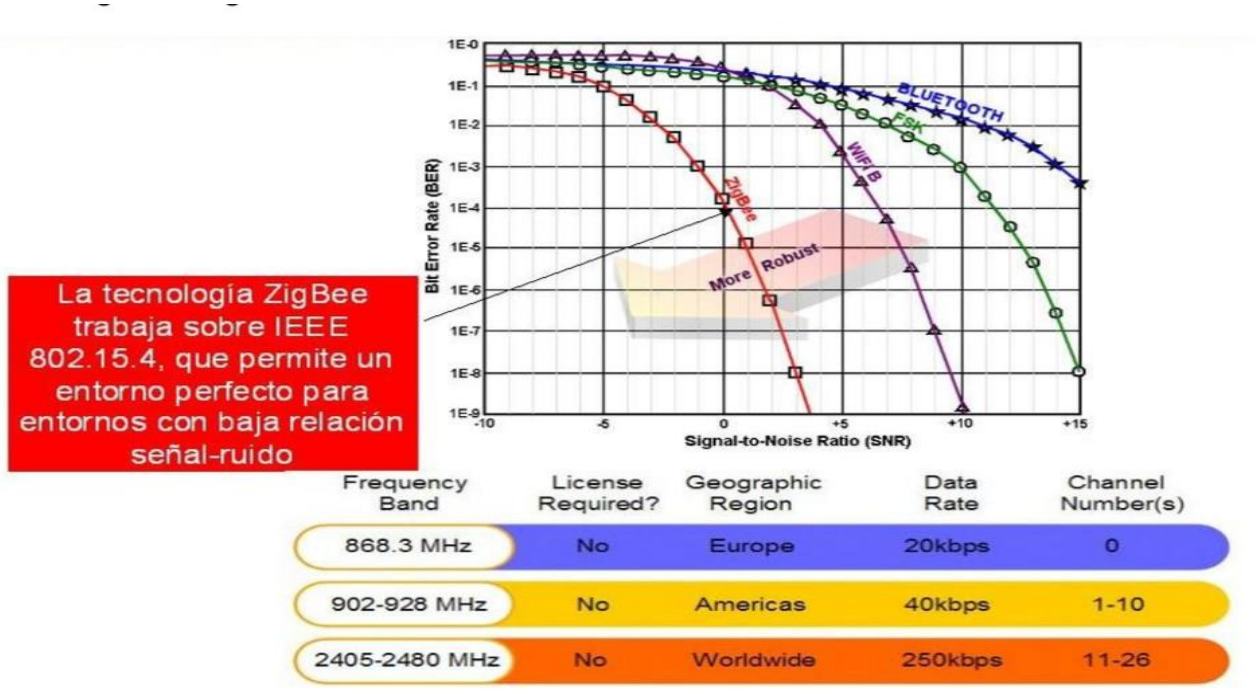


Fig 3. Características de radio

En la siguiente tabla se puede observar la distancia en función de la potencia transmitida y la velocidad de transmisión:

Tabla 1. Distancia de transmisión

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

En cuanto a la gestión del control de acceso al medio hace uso de CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Acces with Collision Avoidance) y es posible usar ranuras temporales TDMA (Time Division Multiple Access) para aplicaciones de baja latencia.

Nodos y topología de red

En una red ZigBee pueden haber hasta 254 nodos, no obstante, según la agrupación que se haga, se pueden crear hasta 255 conjuntos/clusters de nodos con lo cual se puede llegar ha tener 64770 nodos para lo que existe la posibilidad de utilizar varias topologías de red: en estrella, en malla o en grupos de árboles, como puede verse a continuación:

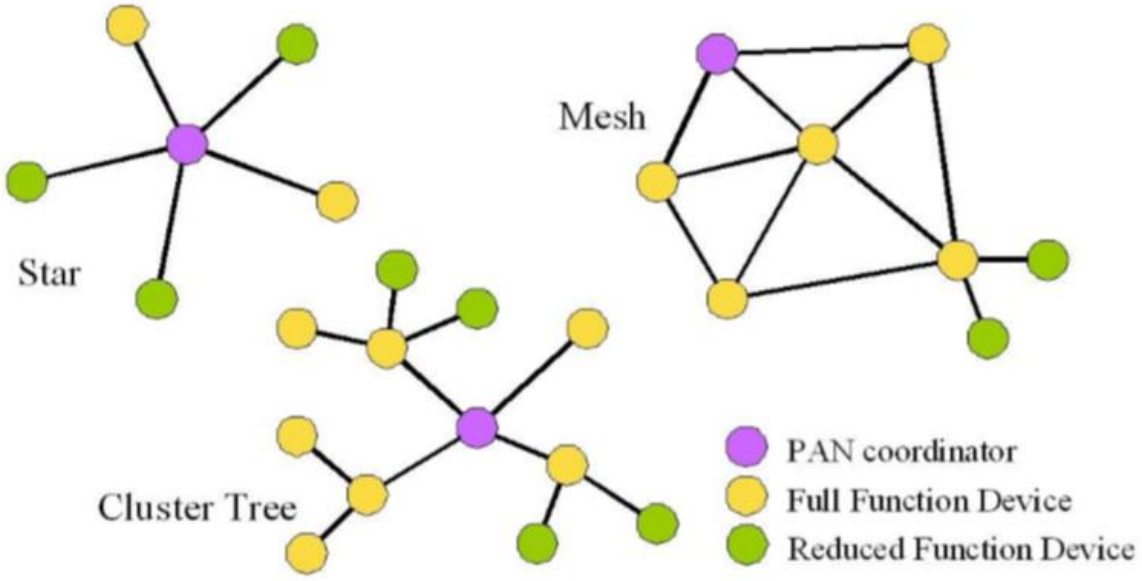


Fig. 4 Topología de red

Se permite un encaminamiento o enrutamiento de saltos múltiples, también conocido como multi-hop, que permite que estas redes abarquen una gran superficie.

En ZigBee hay tres tipos de dispositivos:

- **Coordinador**
- ✓ Sólo puede existir uno por red.
- ✓ Inicia la formación de la red.
- ✓ Es el coordinador de PAN.
- **Router**
- ✓ Se asocia con el coordinador de la red o con otro router ZigBee.
- ✓ Puede actuar como coordinador.
- ✓ Es el encargado del enrutamiento de saltos múltiples de los mensajes.
- **Dispositivo final**
- ✓ Elemento básico de la red.
- ✓ No realiza tareas de enrutamiento.

6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto *Plataforma IoT Para El Control y Monitoreo de Variables Físicas con Tecnología Open Hardware* se utilizó el diseño experimental llevando a cabo las siguientes actividades:

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS
1. Diseño de hardware modular para la captura del consumo de energía eléctrica y gradientes de temperatura.	1. Diseño de PCB para monitor de energía eléctrica 2. Diseño de PCB para monitor de temperatura. 3. Diseño de PCB para control de cargas eléctricas 4. Impresión de PCB en tarjeta de cobre 5. Montaje de componentes en PCB para monitor de energía eléctrica. 6. Montaje de componentes en PCB para monitor de temperatura. 7. Montaje de componentes en PCB para control de cargas eléctricas. 8. Programación de los firmwares en lenguaje C. 9. Realización de pruebas locales. 10. Realización de pruebas de comunicación multiplataforma.	1. PCB para monitor de energía eléctrica. 2. PCB para monitor de temperatura. 3. PCB para control de cargas eléctricas. 4. PCB de monitor de energía, monitor de temperatura, y control de carga impreso en tarjeta de cobre. 5. Tarjeta monitor de energía eléctrica. 6. Tarjeta monitor de temperatura. 7. Tarjeta de control de cargas eléctricas. 8. Firmwares programados en lenguaje C para la tarjeta de control de cargas eléctrica, tarjeta monitor de energía y tarjeta monitor de cargas. 9. Realización de pruebas locales.

2. Implementar una plataforma en la nube basada internet de las cosas	1. Investigar estado de la técnica. 2. Diseño de la base de datos. 3. Desarrollo del código fuente e interfaces 4. Realizar Pruebas Locales. 5. Implementación del Sistema	1. Base de datos de la plataforma IOT. 2. Plataforma IOT para el control de las tarjetas monitor de energía eléctrica, monitor de temperatura y control de cargas eléctricas.
3. Crear red de comunicación para los diferentes dispositivos del proyecto.	1. Instalación de red de comunicación entre los dispositivos. 2. Configuración de los dispositivos de red.	1. Red de comunicación entre los dispositivos del proyecto.
4. Reacondicionar red eléctrica del Centro de Computo 2 y aula C103	1. Adecuación de instalación eléctrica en CC2. 2. Adecuación de instalación eléctrica en Aula 103.	1. Instalaciones reacondicionadas en gabinete de control de carga eléctrica en el Centro de Computo 2. 2. Instalaciones reacondicionadas en gabinete de control de carga eléctrica en el Centro de Computo 103.

7. RESULTADOS

Se implementó una plataforma Internet de las Cosas (IoT) que funciona en la nube que tiene los siguientes elementos:

- Red PAN (Personal Area Network).
- Tarjeta para el monitoreo de cargas eléctricas.
- Tarjeta para el manejo de cargas eléctricas.
- Tarjeta para la medicion de temperaturas.
- Sistema para el monitore y control de las tarjetas creadas adaptable a dispositivos móviles con pantalla de 5” en adelante (celulares, tablets).

7.1. RED PAN (PERSONAL AREA NETWORK)

Se diseñó una Red PAN (Personal Area Network) bajo el protocolo ZigBee (802.15.4), utilizando antenas XBEE conectadas en red con topología tipo estrella y configuración punto a multipunto. La red PAN se conecta con una red LAN a través de una puerta de enlace para que los datos sean distribuidos a través de internet. El diseño global de la red para la plataforma IoT se muestra en la Fig 5.

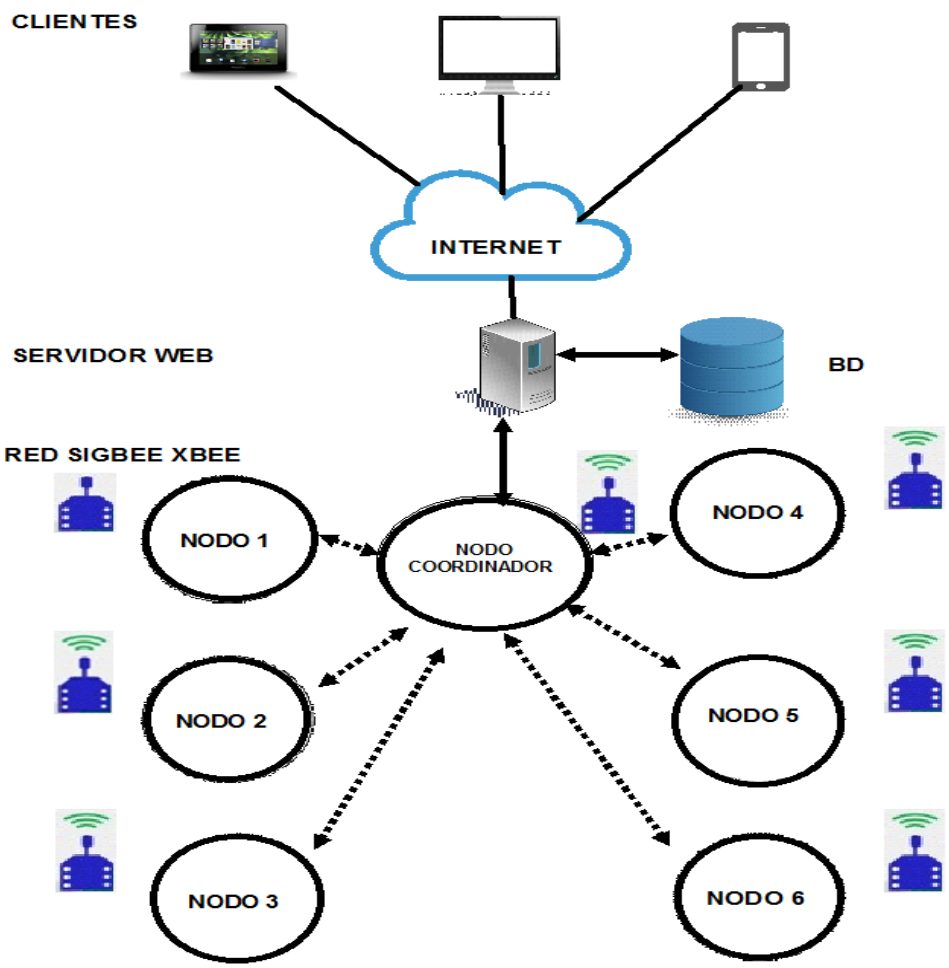


Fig. 5 Arquitectura de red para la plataforma Iot

Cada nodo de la red PAN está compuesto por hardware embebido diseñado especialmente para el control de cargas y medir las siguientes variables físicas:

- Corriente alterna.
- Potencia eléctrica aparente.
- Energía eléctrica.
- Temperatura ambiente

La arquitectura de hardware utilizada para la recolección y transmisión de datos se muestra en la fig.6

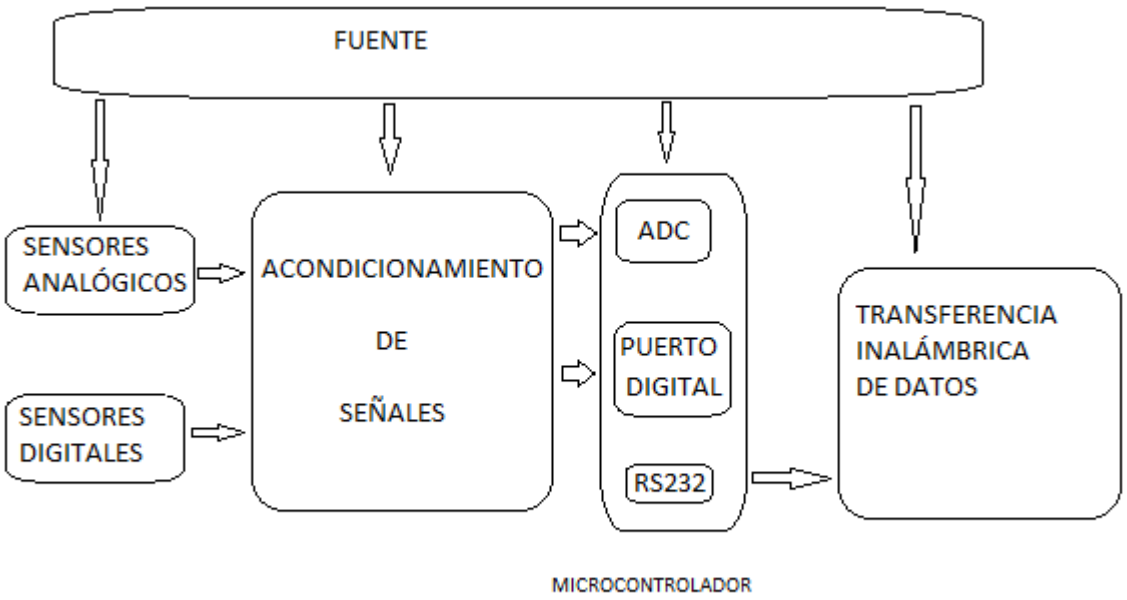


Fig. 6 Diagrama de bloques del hardware embebido

7.2. TARJETA PARA MONITOR DE ENERGÍA ELÉCTRICA (PWRMONTX_V2)

Se diseñó y construyó la tarjeta PWRMONTX_V2 (Fig.7), la cual cuenta con las siguientes características:

- Tiene cuatro puertos con conectores tipo Jack de audio de 3.5 mm.
- La interfaz para el acondicionamiento de señales esta diseñada para que se puedan utilizar los sensores SCT013-30 y el SCT13-100.
- La unidad de cálculo es un microcontrolador Atmega 328P.
- Comunicación inalámbrica con antena XBee.
- Capacidad máxima de medida usando sensores SCT13-100 es de 400A
- Capacidad máxima de medida usando sensores SCT13-30 es de 120A

Las aplicaciones potenciales de la tarjeta son:

- Medir el consumo eléctrico en una instalación eléctrica de baja tensión.
- Comprobar el estado de una instalación eléctrica.
- Obtener patrones de consumo.
- Monitoreo del desbalance de carga en tiempo real para instalaciones eléctricas de baja tensión.

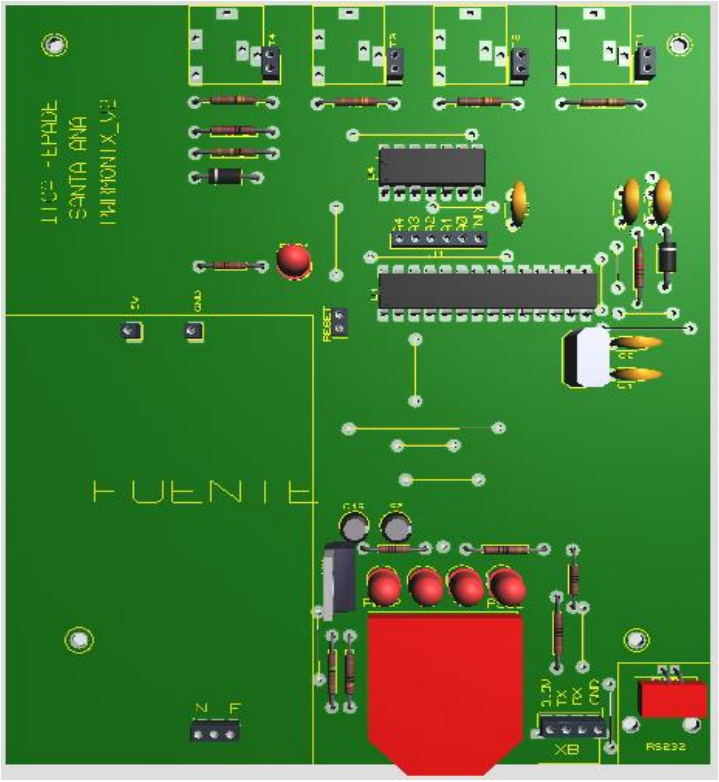


Fig. 7 Tarjeta para el monitoreo de la energía eléctrica.

7.3. TARJETA PARA EL MANEJO DE CARGAS ELÉCTRICAS (POWERCONTROL_V1)

La tarjeta POWERCONTROL_V1 (Fig.8) tiene las siguientes características:

- Utiliza salidas de relé con capacidad de manejar cargas de hasta 10A (250V/125V) con corriente alterna y 10A (30V/28V) con corriente directa.
- Comunicación inalámbrica con antena XBee.

Las aplicaciones potenciales de la tarjeta son:

- Control remoto de cargas que funcionan con corriente AC.
- Control remoto de cargas que funcionan con corriente DC.

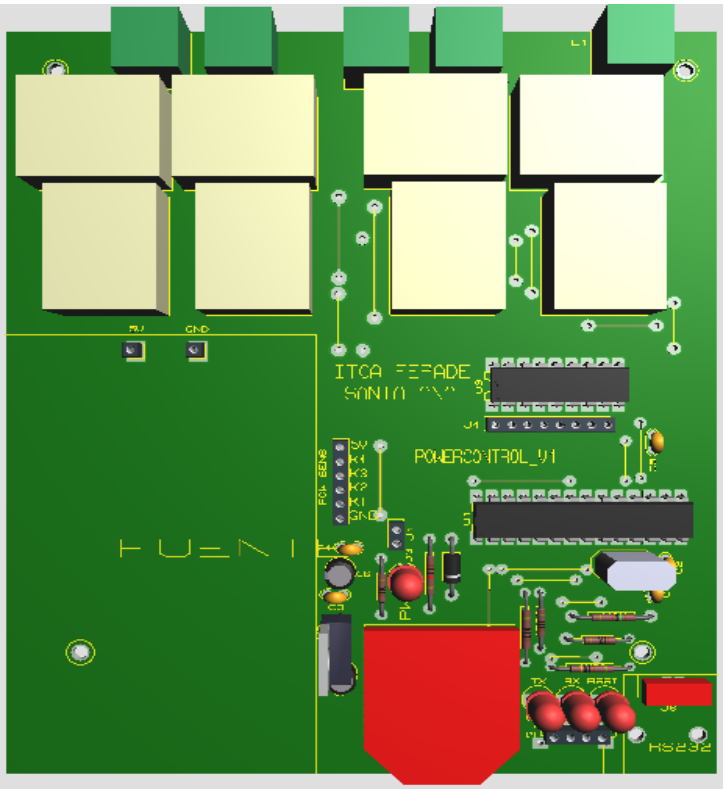


Fig. 8 Tarjeta para el control de carga

7.4. TARJETA PARA LA MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA (TMONTX_V1)

La tarjeta TMONTX_V1 (Fig 9) tiene las siguientes características:

- Integra dos puertos que permiten conectar sensores de temperatura del tipo DS18B20 con el que se pueden medir temperatura desde los -55°C hasta los 125°C.
- Comunicación inalámbrica con antena XBee.
- Un puerto digital para conectar un sensor PIR

Se puede utilizar para:

- Monitoreo de la temperatura ambiente.
- En estudios de aislamiento térmico de diferentes tipos de materiales.
- En conjunto con la tarjeta PWRMONTX_V2(Fig 7) se puede realizar estudios de la eficiencia energética de los sistemas de climatización.

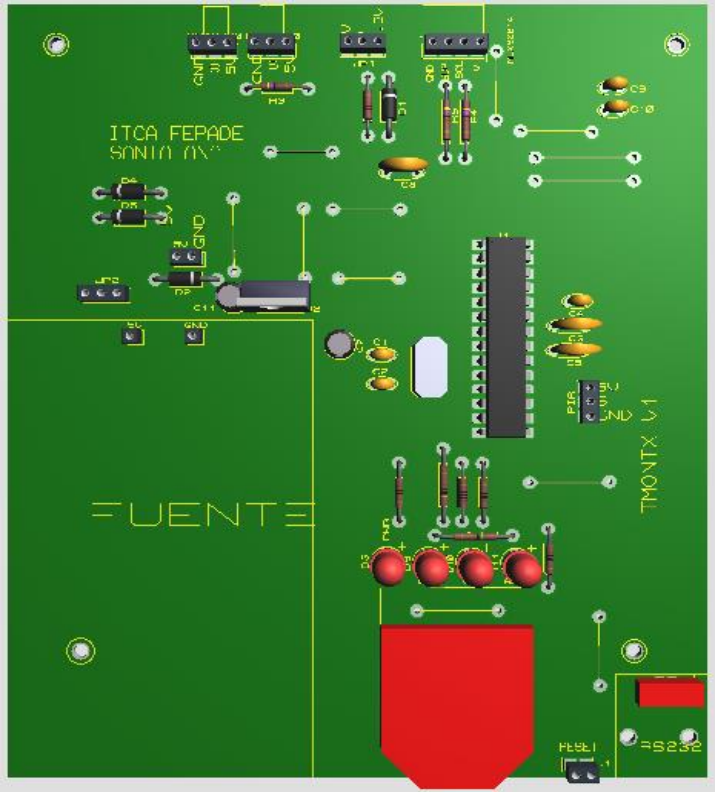


Fig. 9 Tarjeta para el monitoreo de temperaturas

7.5. FUNCIONAMIENTO GLOBAL DEL SISTEMA.

Este sistema permite ver el consumo eléctrico del local bajo control, la temperatura tanto en el interior como el exterior, además de permitirle a una persona encargada encender y apagar los dispositivos de forma remota.

El Sistema está compuesto por tres partes principales:

- Red Sigbee Xbee
- Servidor Web.
- Clientes.

Red Sigbee Xbee: Es una red inalámbrica que funciona bajo el protocolo 802.15.4; está integrada por un nodo coordinador y seis nodos de dispositivo final. El nodo coordinador se encarga de coordinar la comunicación entre los diferentes elementos de la red PAN, los nodos de dispositivo final capturan la información proveniente de los sensores de corriente y temperatura y la transmiten al nodo central.

Servidor Web: El servidor Web toma la trama de datos del nodo coordinador y se almacenan en una base de datos. En el servidor corre un programa desarrollado en el lenguaje php que hace posible que los datos estén disponible en internet o red local.

Cliente: Es el usuario de los datos que mediante una conexión a internet o red local usando diferentes dispositivos como PC , Smartphone y Tablet , puede visualizar la información de los diferentes sensores y realizar acciones de control como activar o desactivar cargas remotamente.

7.6. MONITOREO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El monitoreo de la energía eléctrica se realiza con la tarjeta PWRMONTX_V2 Fig.7, usando los sensores de la serie SCT13.

Para realizar la medición se resolvieron cuatro problemáticas:

- Salida del sensor en intensidad
- Adaptación de rango de tensión
- Procesamiento con el microcontrolador atmega 328p
- Visualización.

Salida del sensor en intensidad.

El SCT-013 son transformadores de intensidad, es decir, la medición se obtiene como una señal de intensidad proporcional a la corriente que circula por el cable. Pero los microcontroladores solo son capaces de medir tensiones.

Este problema es sencillo de resolver. Para convertir la salida en intensidad en una salida de tensión únicamente se incluye una resistencia (resistencia burden).

Excepto el modelo SCT-013-100, todos los demás modelos tienen una resistencia de burden interna para que la salida sea una señal de tensión de 1V.

Únicamente en el caso del SCT-013-100, carece de resistencia burden interna, por lo que la salida es una señal de ±50mA. Una resistencia de 33Ω en paralelo con el sensor será suficiente.

Adaptación de rango de tensión.

Otro problema que se resolvió es que se está midiendo corriente alterna, y la intensidad inducida en el secundario es igualmente alterna. Tras el paso por la resistencia burden (interna o externa) la salida de tensión también es alterna.

Sin embargo, como se sabe, las entradas analógicas de la mayoría de los microcontroladores, sólo pueden medir tensiones positivas.

Para poder medir las tensiones de la salida del transformador se agregó un amplificador operacional como seguidor de tensión (fig.24), para acondicionar las señales leídas por el microcontrolador.

Procesamiento con el microcontrolador atmega 328p

Como la fuente de la señal es corriente alterna, usando el microcontrolador se obtiene el valor RMS con la siguiente fórmula:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2\, dt}$$

En tiempo discreto la ecuación queda de la siguiente forma:

$$I = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N} {i_n}^2}$$

Donde:

- N es la cantidad de muestras en un período o múltiplo de éste.
- I es la corriente RMS.
- i_n es la corriente instantánea.

Con esta fórmula se obtiene el valor RMS y usando un voltaje promedio de 120V se calculó la potencia usando la siguiente fórmula:

$$P = I * 120$$

Donde:

- P es la potencia eléctrica aparente
- I es la corriente rms
- 120 es el voltaje rms

Cuando el microcontrolador ha realizado todos los cálculos los datos resultantes se agrupan en una cadena ASCII y se envían al servidor.

Visualización.

Los datos que la tarjeta PWRMONTX_V2 envía son capturados, clasificados y almacenados en una base de datos del servidor local. La visualización de los resultados se aprecia en las siguientes figuras:

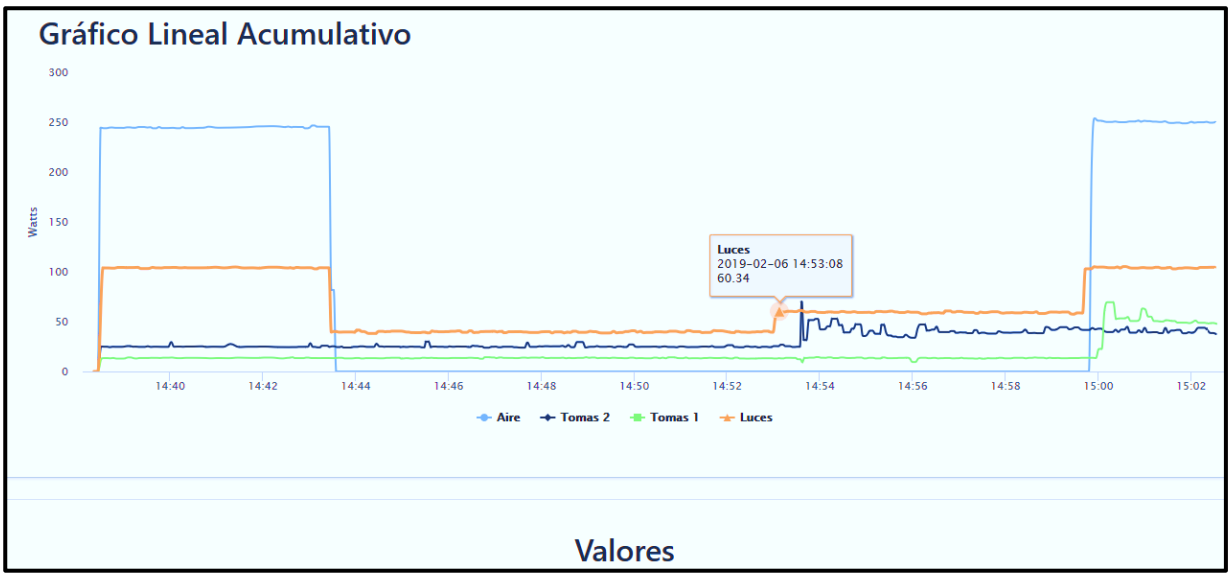


Fig10. Gráfico de potencia eléctrica para cuatro cargas en el CC2

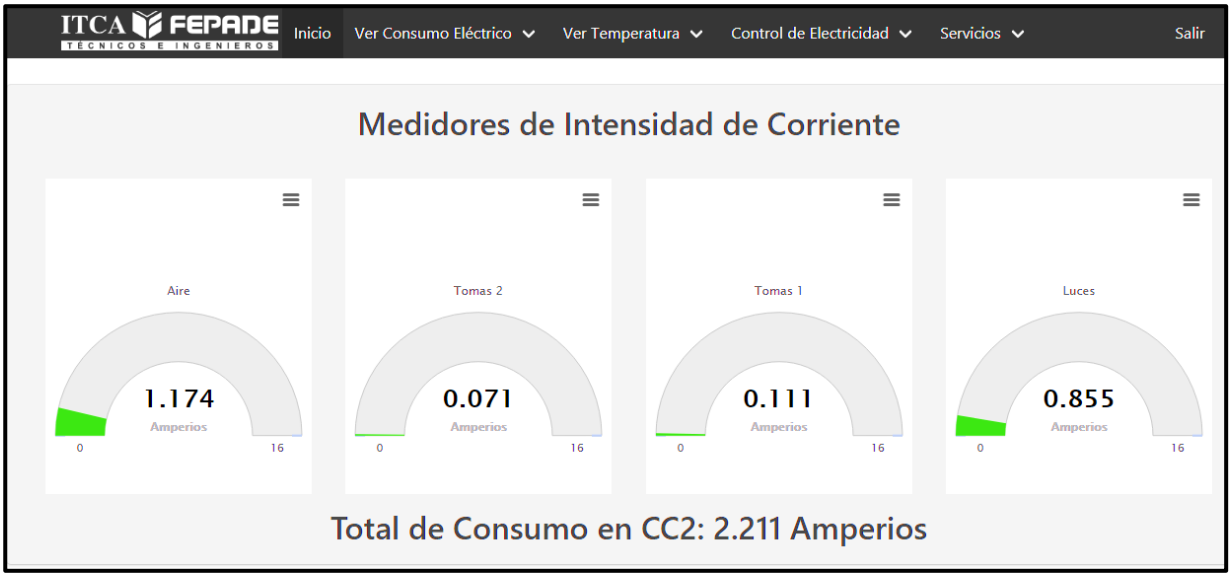


Fig11. Gráfico de corriente eléctrica para cuatro cargas en el CC2

7.7. Monitoreo de la Temperatura

El monitoreo de la temperatura se realizó con la tarjeta TMONTX_V1 (Fig.8), usando el sensor DS18B20.

Los sensores DS18B20 proporcionan una señal digital por lo que el microcontrolador no requiere del proceso de conversión de analógico a digital. Los datos capturados se envían al servidor en formato ASCII para ordenarlos, almacenarlos.

En estos momentos sólo se visualizan las temperaturas, todavía no se han programado acciones específicas. Los gráficos de temperatura que el cliente puede visualizar se muestran en las siguientes imágenes.

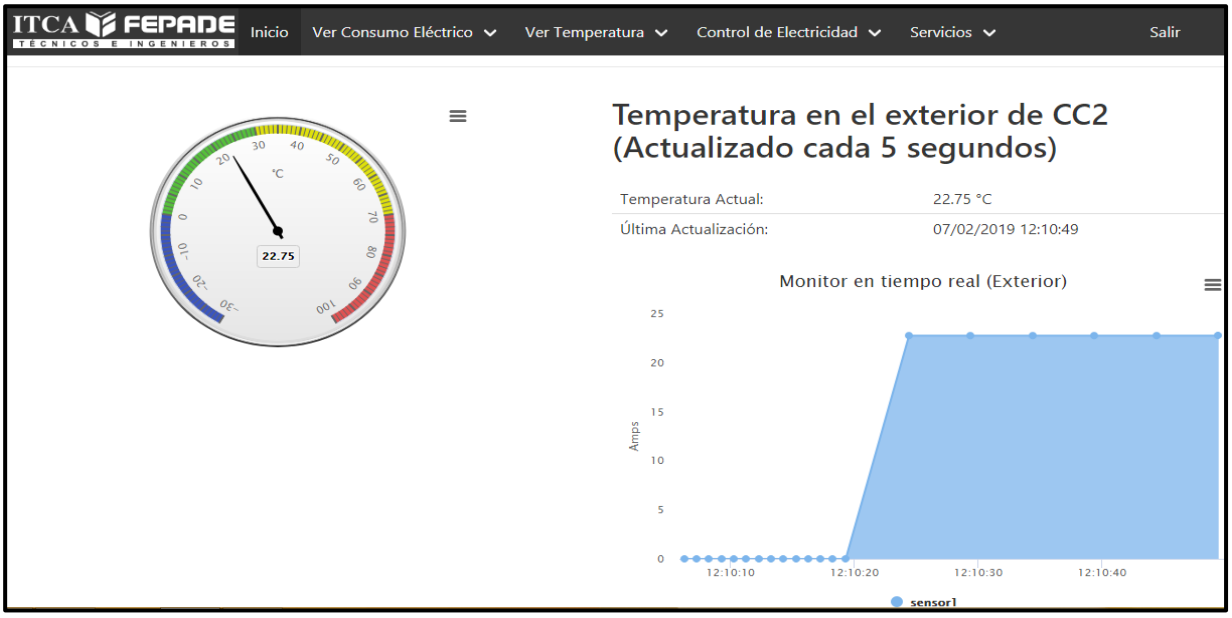


Fig12. Gráfico de temperatura en el exterior del CC2

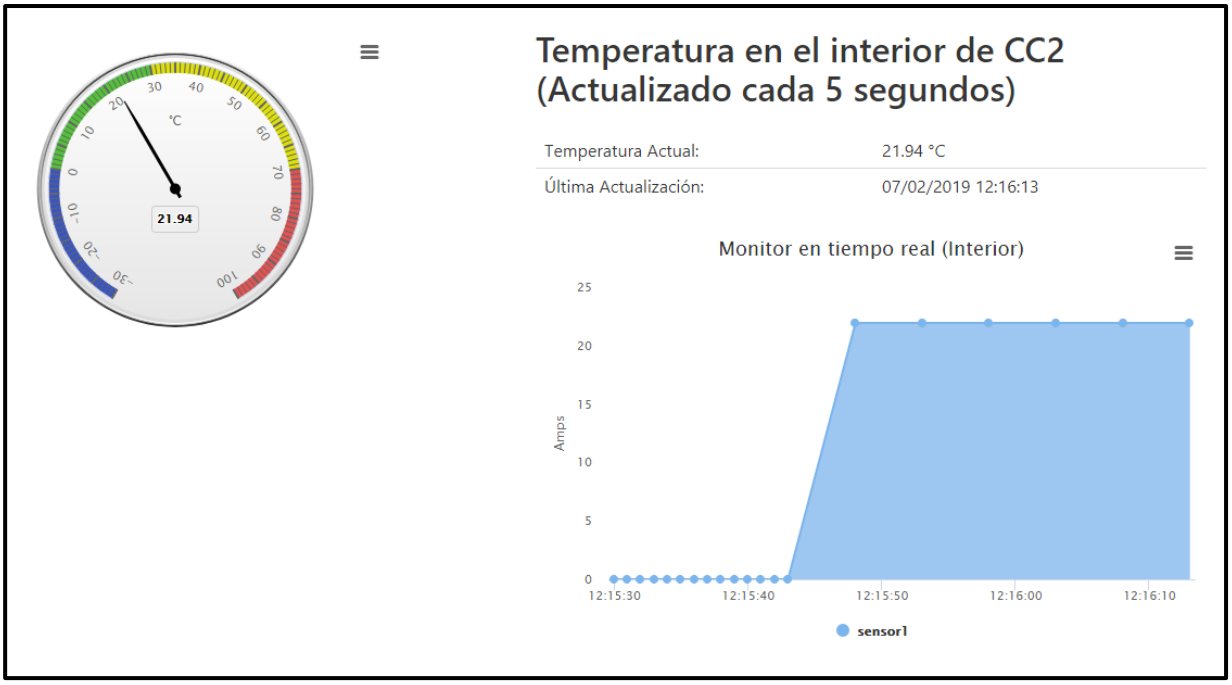


Fig13. Gráfico de temperatura en el interior del CC2

7.8. Control de Cargas

El control de cargas se realiza con la tarjeta POWERCONTROL_V1 Fig. 8. La acción de apagar o encender una carga se puede efectuar de forma remota y manual, cada tarjeta se diseñó para controlar cuatro cargas.

En el monitor de cargas se puede visualizar el estado de las cargas en tiempo real .A continuación se muestran imágenes que el cliente visualiza en la pantalla del dispositivo móvil o computadora:

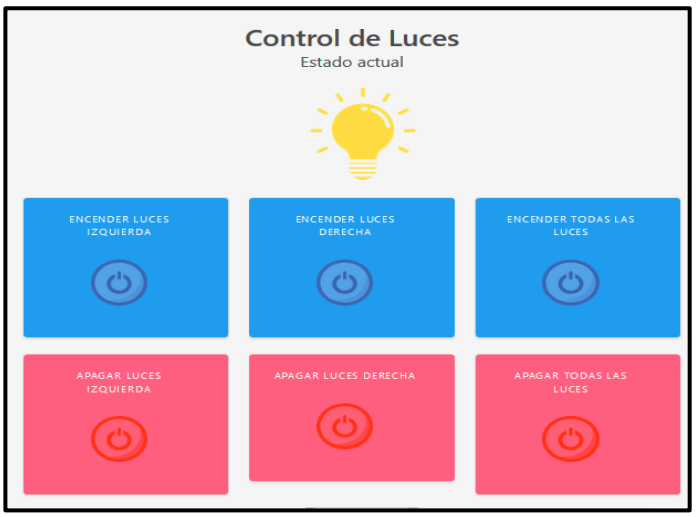


Fig14. Panel de control de luces del CC2

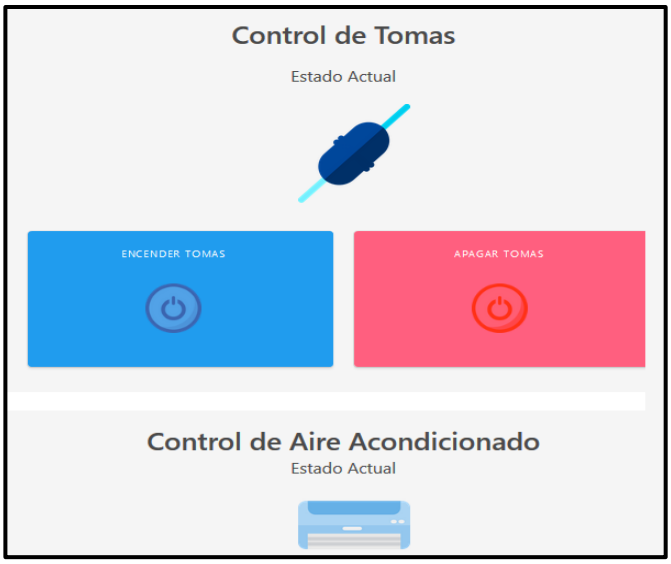


Fig15. Panel de control de tomas y A/A del CC2

El sistema fue instalado en el aula 103 y el Centro de Cómputo Dos (CC2) del centro regional de ITCA FEPADE Santa Ana. El montaje se puede apreciar en las siguientes imágenes:



Fig. 16 Instalación aula 103



Fig. 17 Instalación en Centro de Cómputo CC2

7.9. CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPONENTES

Las tarjetas desarrolladas están compuestas de los siguientes elementos.

SENSOR DE CORRIENTE ELÉCTRICA NO INVASIVO SCT-013

La familia SCT-013 son sensores de corrientes no invasivos que permiten medir la intensidad que atraviesa un conductor sin necesidad de cortar o modificar el conductor. Se puede emplear estos sensores con un microprocesador o microcontrolador para medir la intensidad o potencia consumida por una carga.

Los sensores SCT-013 son transformadores de corriente, dispositivos de instrumentación que proporcionan una medición proporcional a la intensidad que atraviesa un circuito. La medición se realiza por inducción electromagnética.

Los sensores SCT-013 disponen de un núcleo ferromagnético partido (como una pinza) que permite abrirlo para arrollar un conductor de una instalación eléctrica sin necesidad de cortarlo.

Dentro de la familia SCT-013(ver fig. 19) existen modelos que proporcionan la medición como una salida de intensidad o de tensión. Dentro de lo posible, lo normal es que se prefiera salida por tensión porque la conexión es más sencilla.

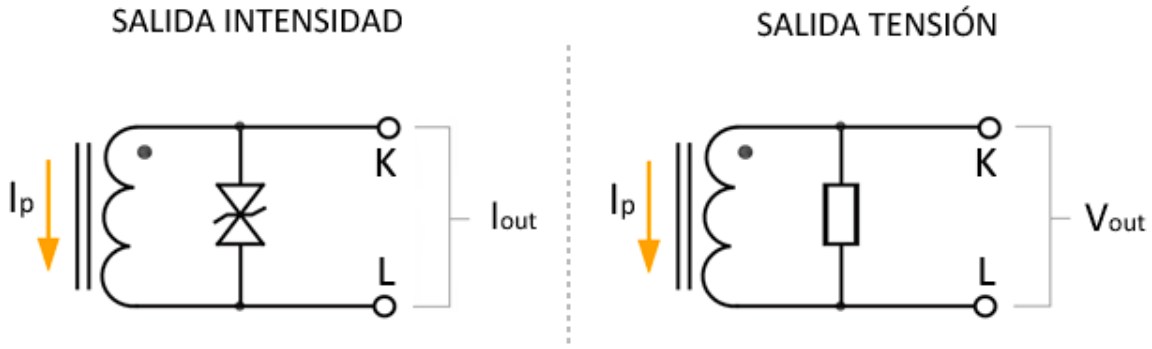


Fig. 18 Modelo eléctrico del sensor de corriente AC

La precisión del sensor puede ser de 1-2%, pero para ello es muy importante que el núcleo ferromagnético se cierre adecuadamente. Hasta un pequeño hueco de aire puede introducir desviaciones del 10%.

Como desventaja, al ser una carga inductiva, el SCT-013 introduce una variación del ángulo de fase cuyo valor es función de la carga que lo atraviesa, pudiendo llegar a ser de hasta 3º.

Los transformadores de intensidad son componentes frecuentes en el mundo industrial y en distribución eléctrica, permitiendo monitorizar el consumo de puntos de consumo donde sería imposible otro tipo de medición. También forman parte de múltiples instrumentos de medición, incluso en equipos portátiles como en pinzas perimétricas o analizadores de red.

En los proyectos de electrónica y domótica se pueden emplear los sensores de corriente SCT-013, por ejemplo, para medir el consumo eléctrico de aparatos, comprobar el estado de una instalación eléctrica, y son componentes frecuentes en monitores de energía caseros para registrar el consumo de una instalación o incluso acceder a través de internet en tiempo real.

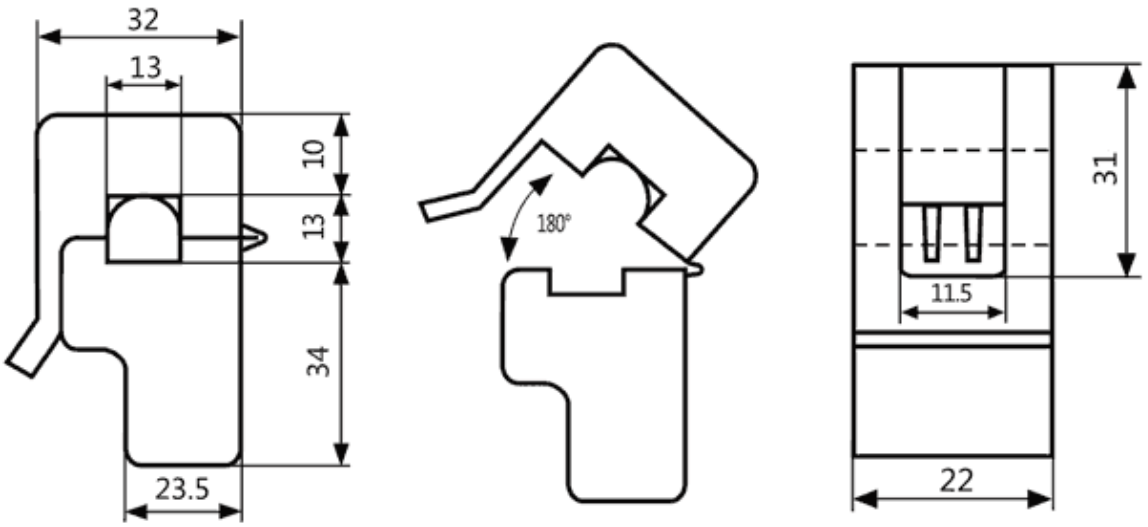


Fig. 19 Chasis del sensor SCT-013

Sensor de temperatura DS18B20

El DS18B20 es un sensor digital de temperatura que utiliza el protocolo 1-Wire para comunicarse, este protocolo necesita solo un pin de datos para comunicarse y permite conectar más de un sensor en el mismo bus.

El sensor DS18B20 es fabricado por Maxim Integrated, el encapsulado de fabrica es tipo TO-92 similar al empleado en transistores pequeños. La presentación comercial más utilizada por conveniencia y robustez es la del sensor dentro de un tubo de acero inoxidable resistente al agua, Fig.20



Fig.20 Sensor DS18B20

Con este sensor se puede medir temperaturas desde los -55°C hasta los 125°C y con una resolución programable desde 9 bits hasta 12 bits.

Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica, esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que seestá comunicando, puesto que en un bus 1-wire pueden existir más de un dispositivo.

El sensor tiene dos métodos de alimentación.

Alimentación a través del pin de datos

De esto forma, el sensor internamente obtiene energía del pin de datos cuando este se encuentra en un estado alto y almacena carga en un condensador para cuando la línea de datos esté en una estado bajo, a esta forma de obtener energía se le llama “Parasite Power” y se usa cuando el sensor debe conectarse a grandes distancias o en donde el espacio es limitado, puesto que de esta forma no se necesita la línea de VDD. El diagrama para su conexión debe ser de la siguiente forma Fig.21:

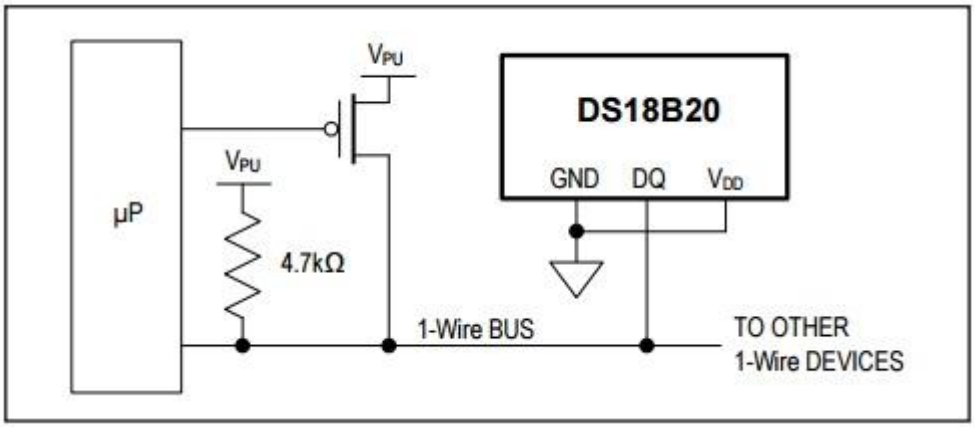


Fig.21 Alimentación a través del pin de datos

Notar que el pin GND y VDD están ambos conectados a GND, esto es indispensable para que se active el Parasite Power. EL MOSFET en la imagen es necesario para cuando se realicen conversiones de temperatura o copiar datos desde la memoria de circuito de la EEPROM, en estas operaciones la corriente de operación aumenta y si solo se suministra energía a través de la resistencia pueden causar caídas de voltaje en el condensador interno.

Alimentación usando una fuente externa

De esta forma el sensor se alimenta a través del pin VDD, esto permite que el voltaje sea estable e independiente del tráfico del bus 1-wire.

El diagrama de conexión es de la siguiente forma Fig.22:

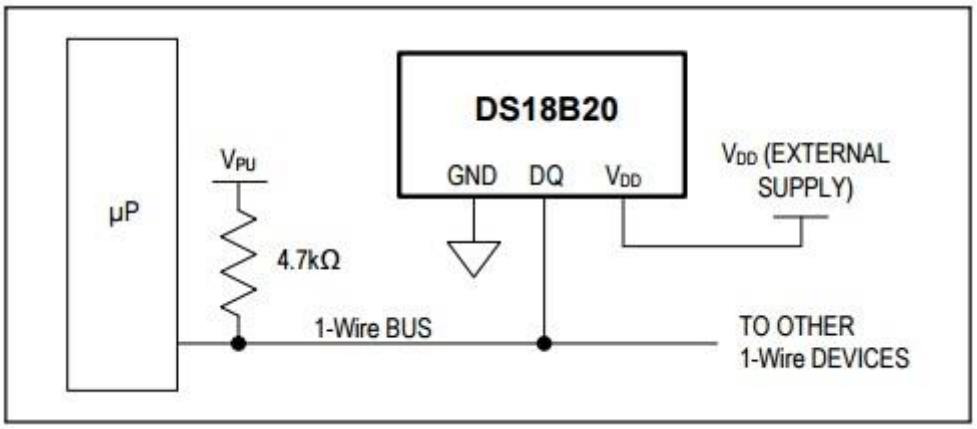


Fig.22 Alimentación usando una fuente externa

ATMEGA 328P

El ATmega es un microcontrolador basado en una arquitectura Harvard modificada de 8 bits con tecnología RISC (Reduced Instruction Set Computing), es decir, con memorias separadas para programa y datos y un conjunto de instrucciones simples para realizar la programación.

Las características técnicas de este Microcontrolador el cual posee dos versiones; una que posee 28 pines (Fig. 23), usado principalmente en el Arduino Uno , y la versión SMD de 32 pines Fig. 24), usado en el Arduino Nano como ejemplo, ambos poseen los mismas datos técnicos cambiando solamente en la versión SMD, el que integra dos pines extra de ADC.

Datos técnicos

- Microcontrolador de 8 bit alto desempeño y bajo consumo
- Avanzada arquitectura RISC
- 131 poderosas instrucciones - Simple ejecución de ciclo de reloj
- Operaciones totalmente estáticas
- Trabaja con 32 registros de 8 bit
- Máxima frecuencia permitida de hasta 16 Megahercios con 16 millones de instrucciones por segundo.
- Multiplicador de dos ciclos en un solo encapsulado
- Alta duración en segmentos de memoria no volátil
- 32KB de memoria FLASH
- 1 KB de memoria EEPROM
- 2KB internos de memoria RAM
- Hasta 10, 000 ciclos de escritura/ lectura en la memoria FLASH y 100,000 en la EEPROM
- Opciones de inicio de códigos con bit de bloqueo
- Posibilidad de bloqueo de código para seguridad

Características de los periféricos

- 2 Temporizadores(Timer) y contador de 8 bit con divisor de frecuencia y modo de comparación separado
- 1 Temporizador(Timer) y contador de 16 bit con divisor de frecuencia, modo de comparación y modo de captura separado
- Conteo en tiempo real con oscilador separado.
- 6 canales de PWM(Modulación por Ancho de Pulso)
- ADC(Convertidor análogo - digital) de resolución ajustable de 8 bit hasta 10 bit máximo
- USART --> comunicación serial
- Interfaz SPI maestro /esclavo
- Capacidad de usar el protocolo propio de la Phillips llamado I2C
- Watchdog(Perro guardián) programable con oscilador separado
- Comparador análogo
- Interrupciones y modo de despertar ante cualquier cambio de estado en su PIN

Características especiales agregadas

- Capacidad de calibrar la frecuencia del oscilador
- Fuentes de interrupciones internas y externas
- 6 modos de sueño
- 23 pines de E/S para la versión de 28 pines
- Voltaje de operación 2.7 VDC hasta 5.5 VDC
- Rango de temperatura -40 hasta 125 grados Celsius
- Consumo de energía :Modo activo 1.5 mA a 3VDC en 4MHZ
  Modo de bajo consumo 1 microAmpere a 3VDC

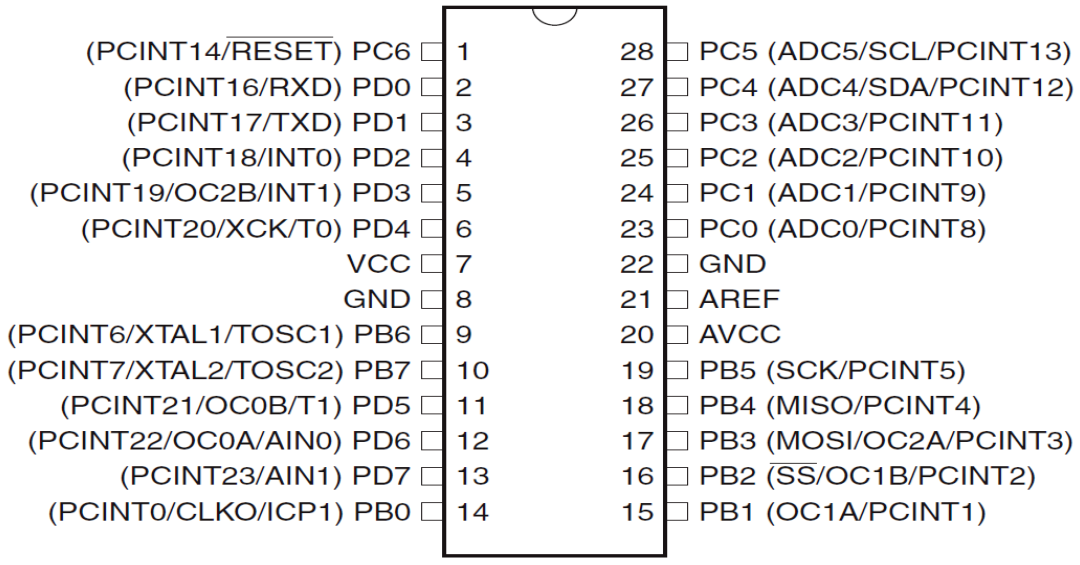


Fig 23. Distribución de pines del Atmega 328P en formato de 28 pines

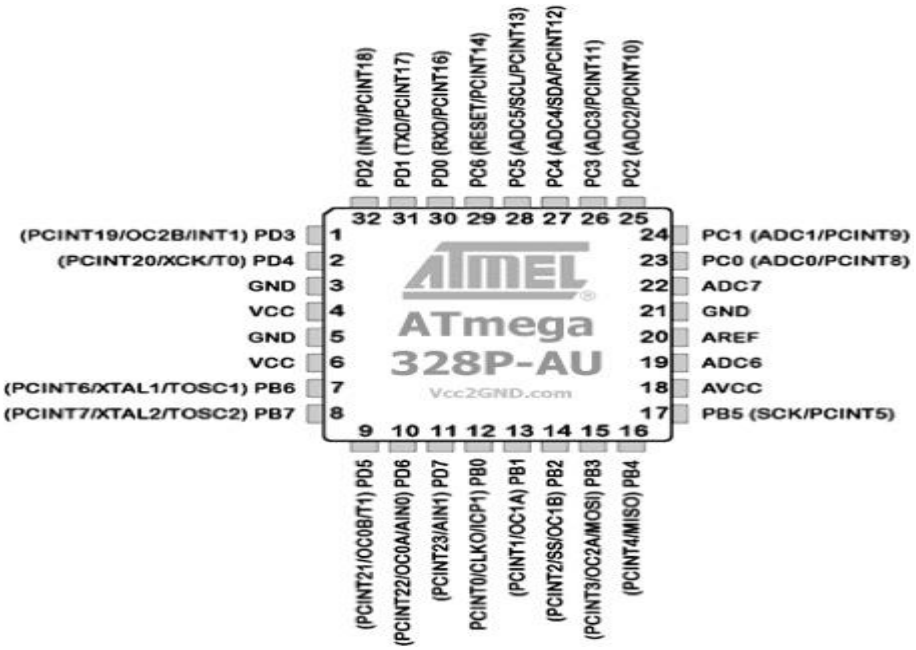


Fig.24 Distribución de pines Atmega 328p en formato SMD

ANTENA XBEE PRO

XBee es el nombre comercial de Digi de una familia de módulos de comunicación por radio y están basados en el estándar zigbee, pero Digi tiene muchos Xbee y algunos son zigbee estándar y otros son propietarios o modificaciones del estándar. Existen muchos módulos Xbee basados en el estándar IEEE 802.15.4, la configuración de pines de un módulo XBee se puede ver en la Fig. 25.

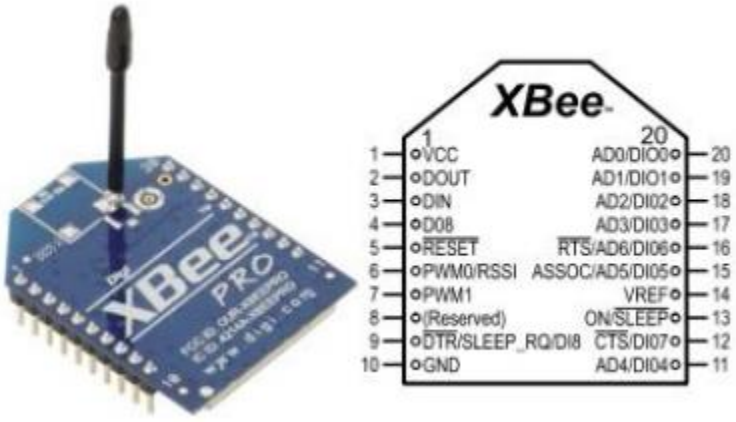


Fig. 25 Configuración de pines de antenna XBee

Para configurar y usar los módulos XBee es necesario descargar e instalar XBee Configuration and Test Utility (XCTU Fig. 26) que es un software multiplataforma que permite interactuar con los módulos mediante un interfaz gráfico. Esta aplicación incluye herramientas que hacen muy sencillo configurar y probar los módulos XBee.

XCTU sirve para configurar, inicializar, actualizar firmware y testear los módulos XBee, comunicándose por puerto serie a los módulos. Una ventaja de este software es que puedes ver rápidamente un resumen de todos los parámetros del módulo y una descripción de ellos.

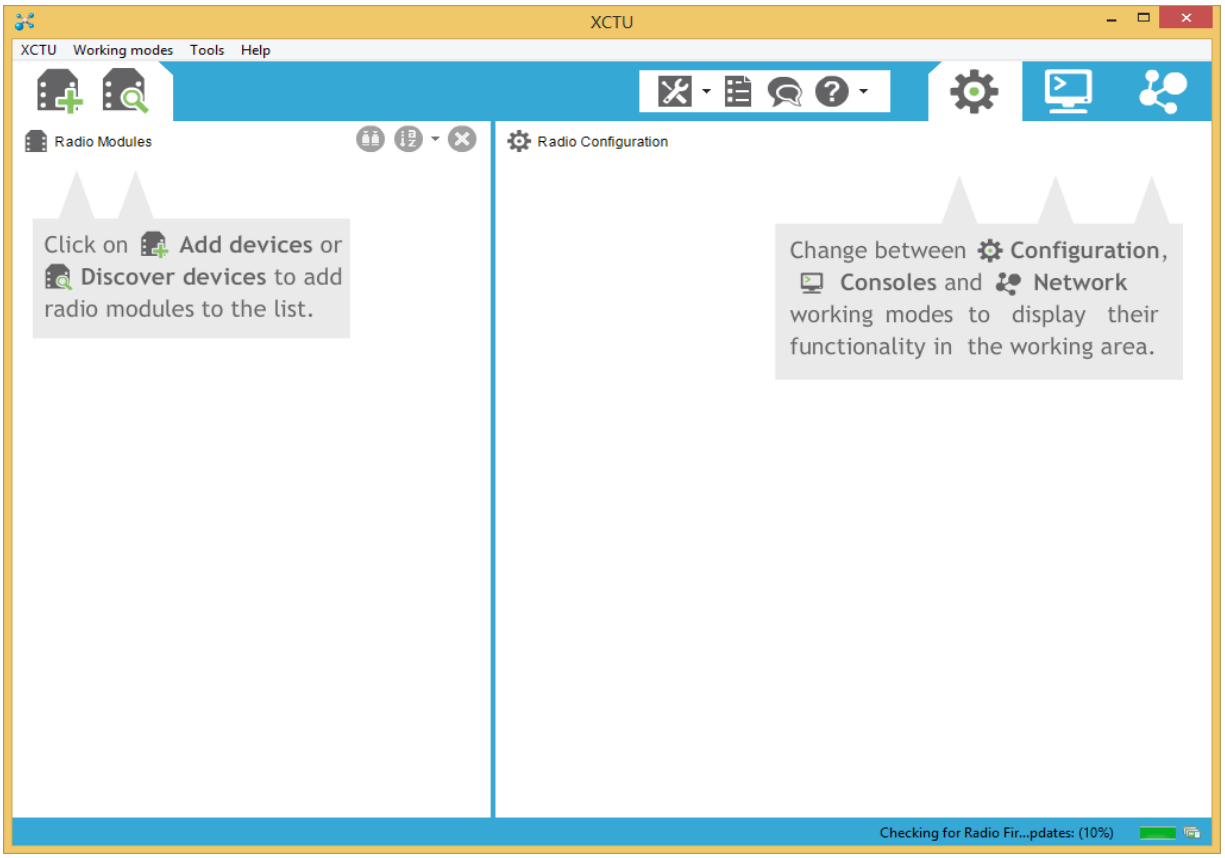


Fig.26. Pantalla inicial del sofware XCTU

Las antenas XBee ofrecen dos tipos de comunicación:

- **Comunicación inalámbrica:** es la comunicación entre los módulos XBee, estos módulos deben ser parte de la misma red y usar la misma frecuencia de radio.
- **Comunicación serie:** es la comunicación entre el módulo XBee y el microcontrolador o el PC a través de un puerto serie.



Fig. 27 Tipos de comunicación de las antenas XBee

En la comunicación inalámbrica los módulos transmiten y reciben información a través de la modulación de las ondas electromagnéticas. Para que se realice la transmisión ambos módulos deben estar en la misma frecuencia y en la misma red. Esto se determina por dos parámetros:

- **Channel (CH)** es la frecuencia usada para comunicar, es decir, el canal dentro de la red.
- **Personal Area Network Identifier (ID)** es un identificador único que establece que los módulos están en la misma red.

Un módulo XBee solo recibirá y transmitirá datos a otros XBee dentro de las misma red (mismo ID) y usando el mismo canal (mismo CH).

En el protocolo 802.15.4 los módulos XBee tienen dos roles:

- **Coordinator**, es el nodo central de la red. Inicia la red y permite a otros dispositivos conectarse, puede seleccionar la frecuencia del canal y hace la sincronización de la red. Para configurar un nodo como coordinador hay que cambiar el parámetro CE (Coordinator Enable) a 1.
- **End device**, es un nodo remoto de la red. Puede comunicarse con el coordinador y con otros end devices de la red. Se puede poner en modo sleep.

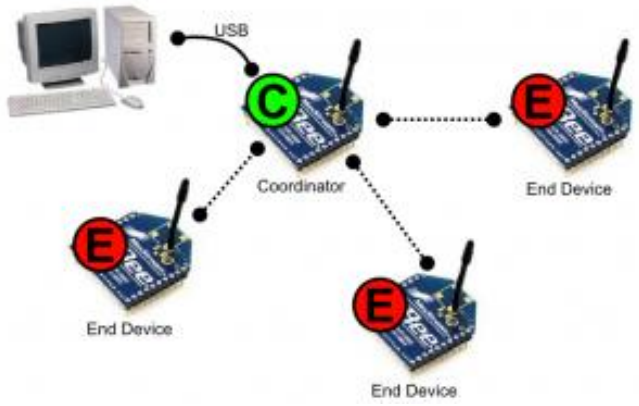


Fig 28. Modelo de red con XBee.

7.10. DISEÑOS

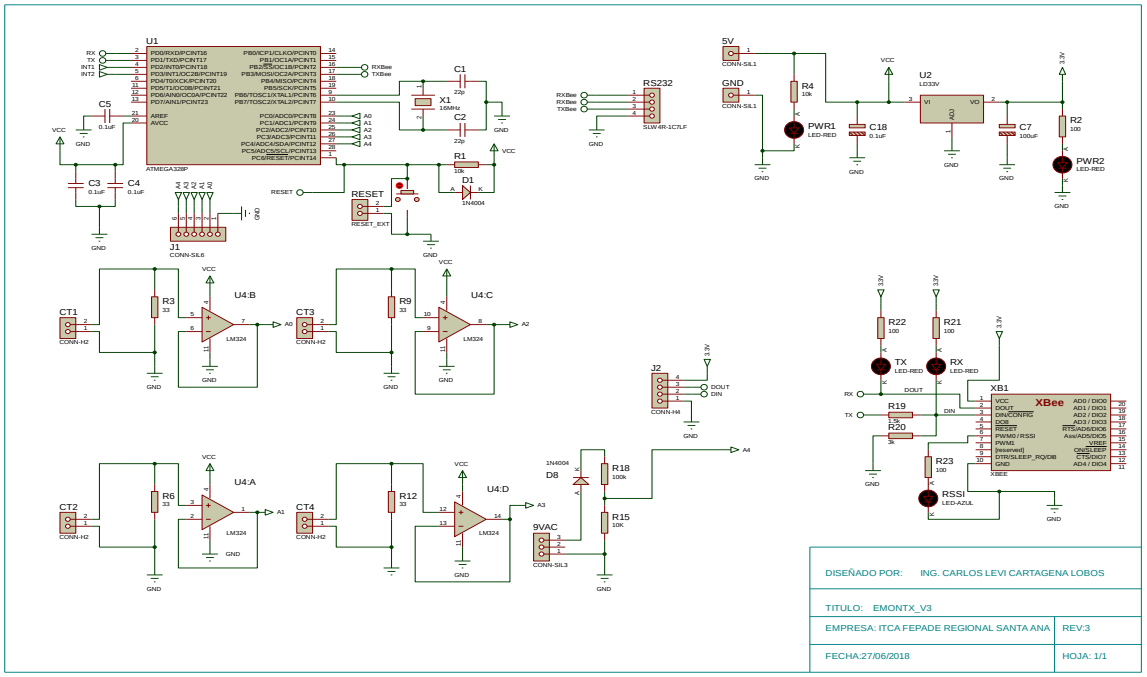


Fig. 29 Circuito esquemático para medir corriente y potencia eléctrica

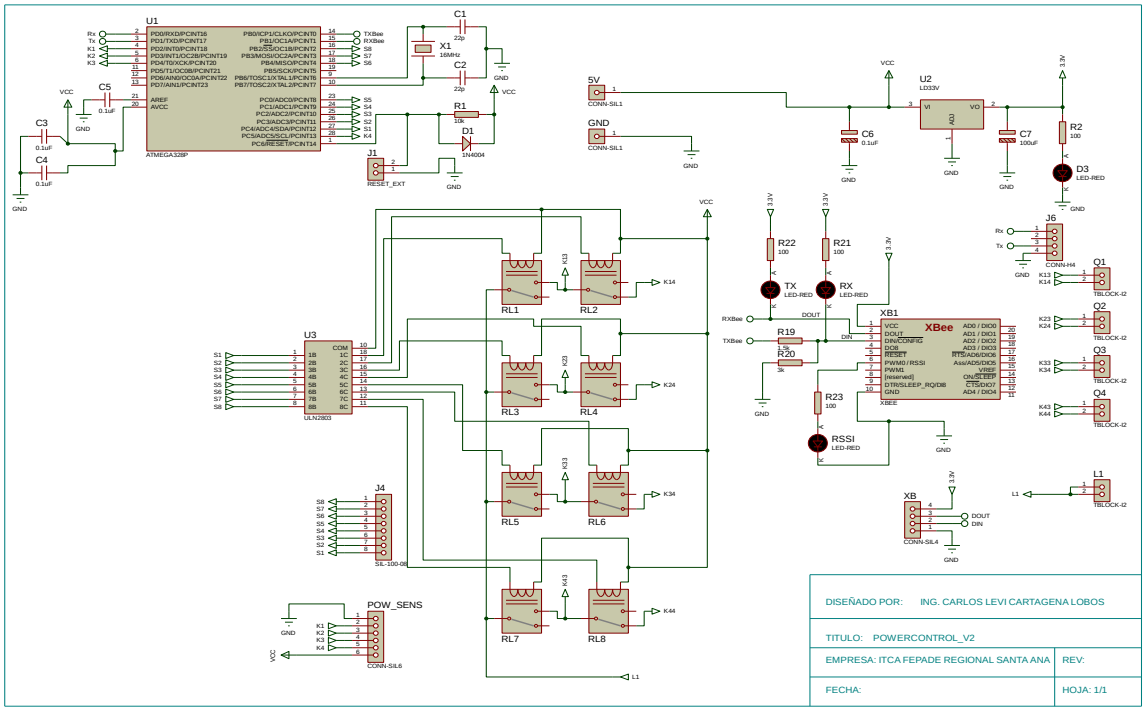


Fig. 30 Circuito esquemático para el control de cargas

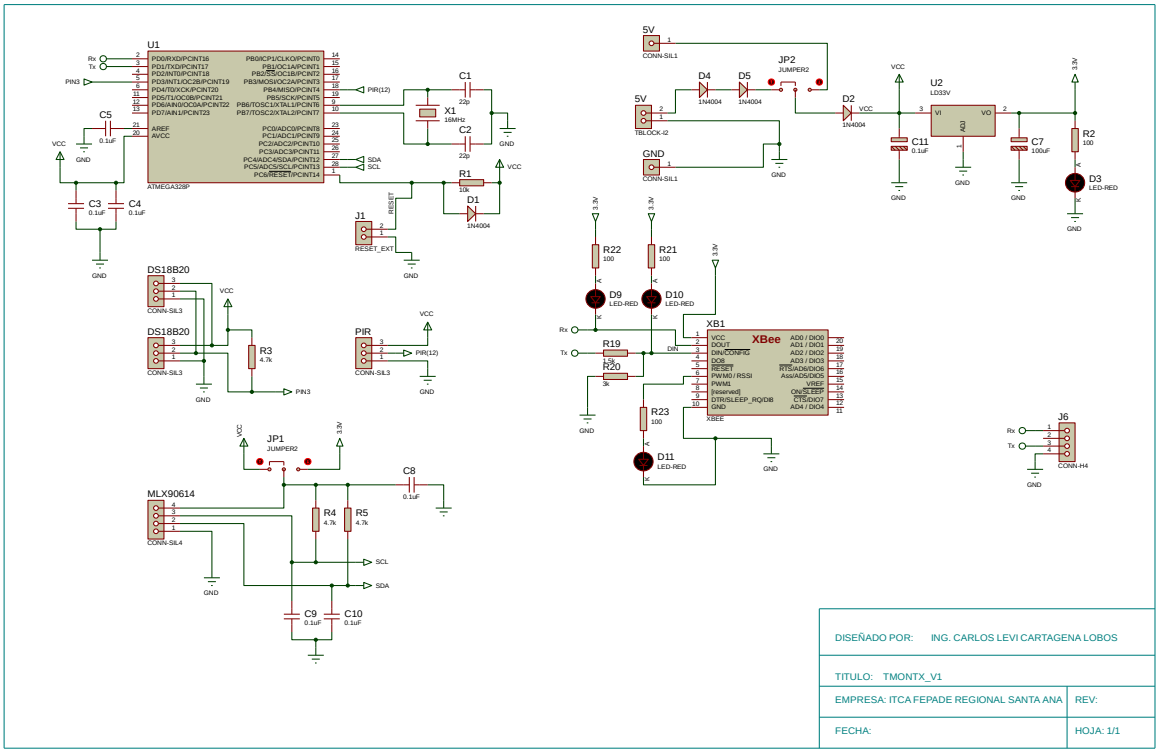


Fig. 31. Circuito esquemático para el monitor de temperatura.

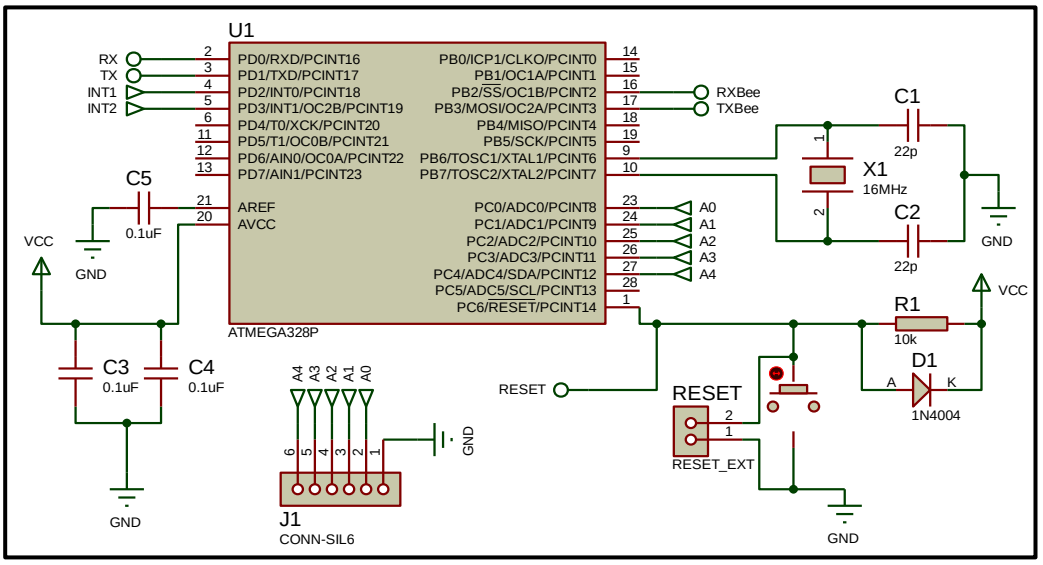


Fig. 32.Puertos de entrada y salida usados en el microcontrolador de la tarjeta PWRMONTX_V2

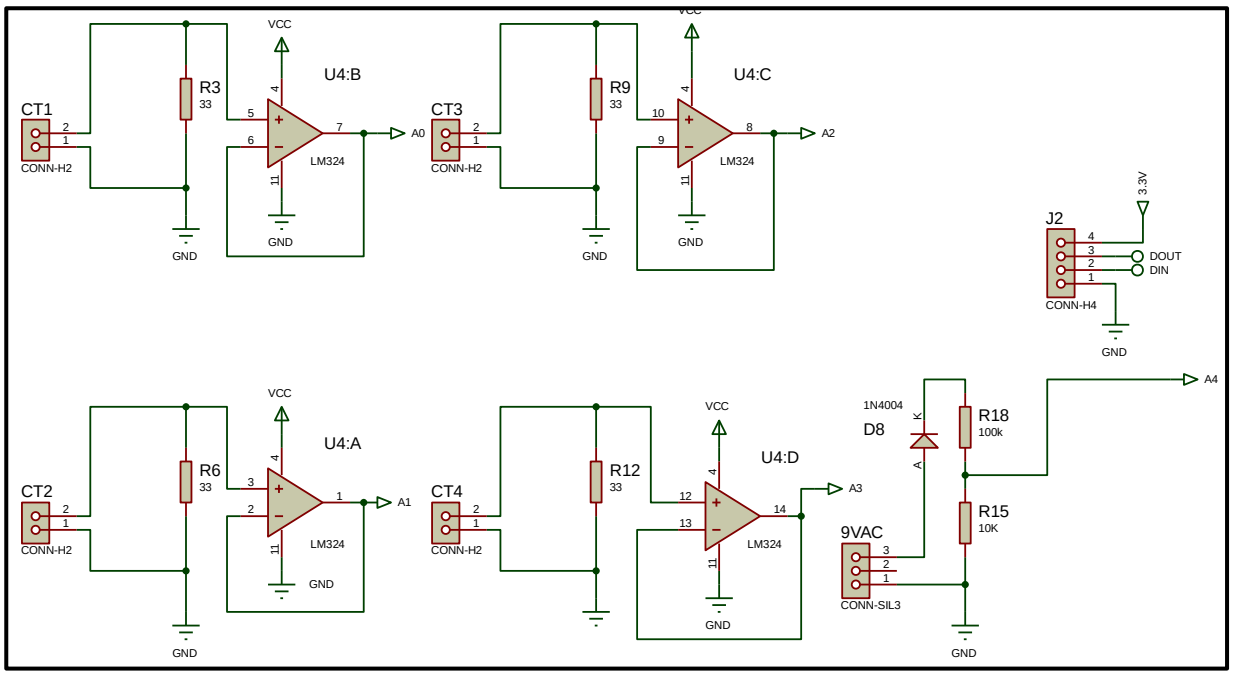


Fig. 33 Circuito acondicionador de señales de la tarjeta PWRMONTX_V2

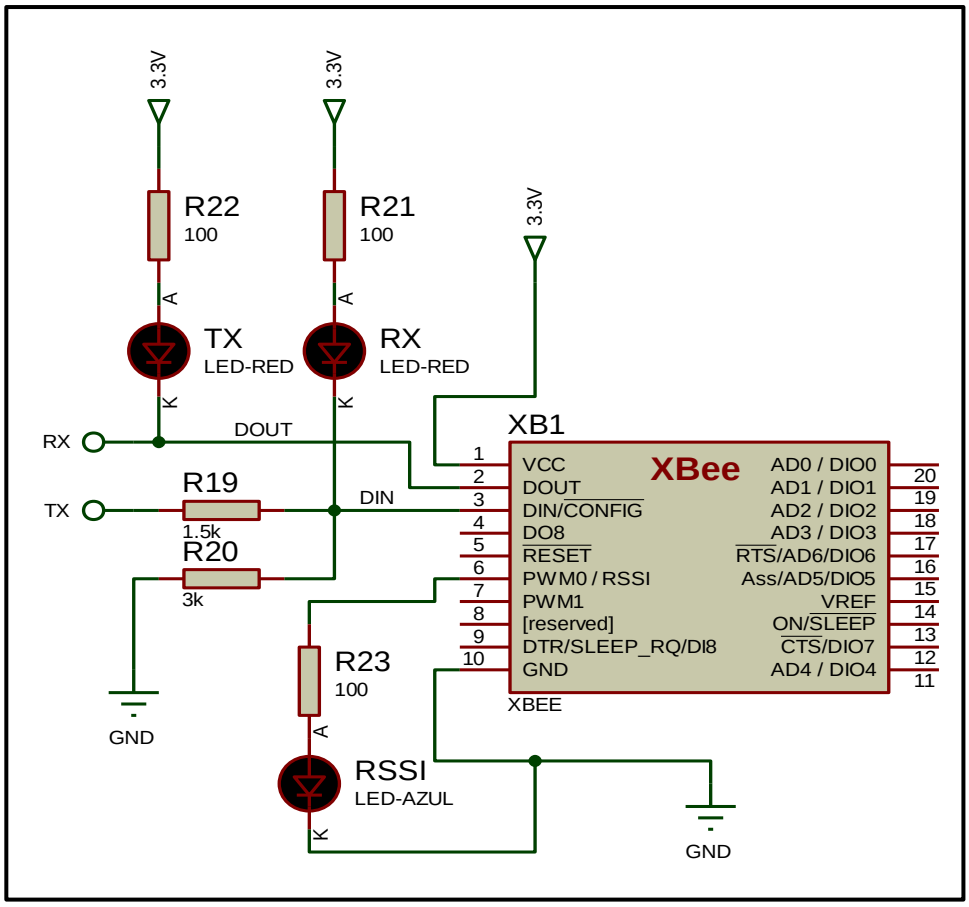


Fig. 34 Circuito esquemático para la comunicación RF con XBee

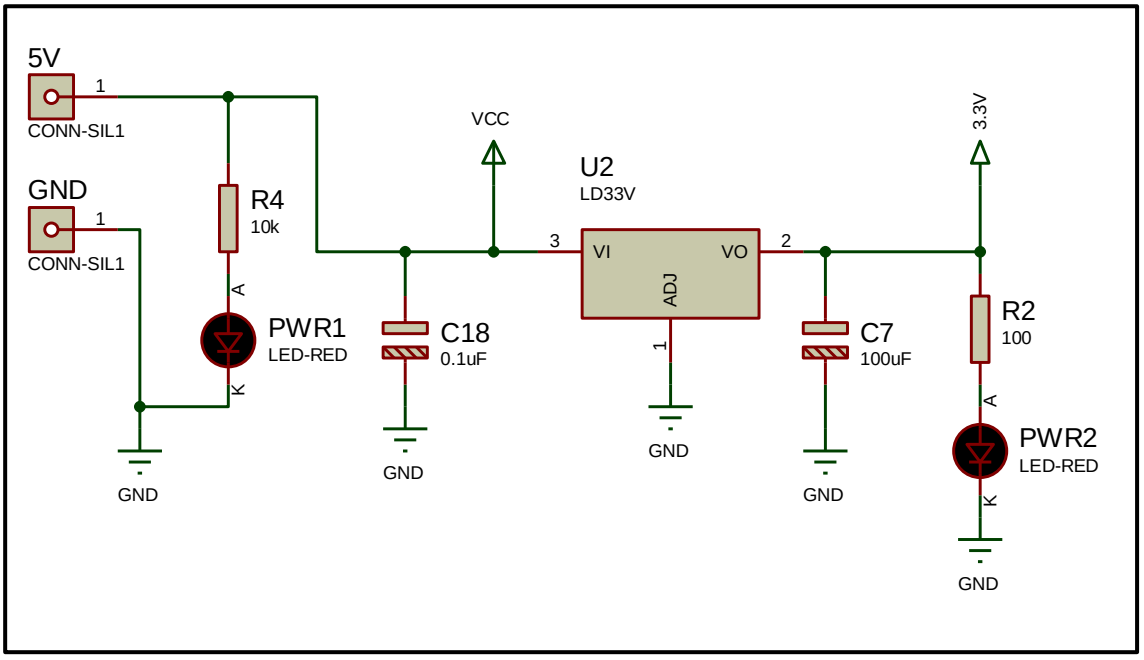


Fig. 35. Circuito esquemático de fuente regulada a 3.3v

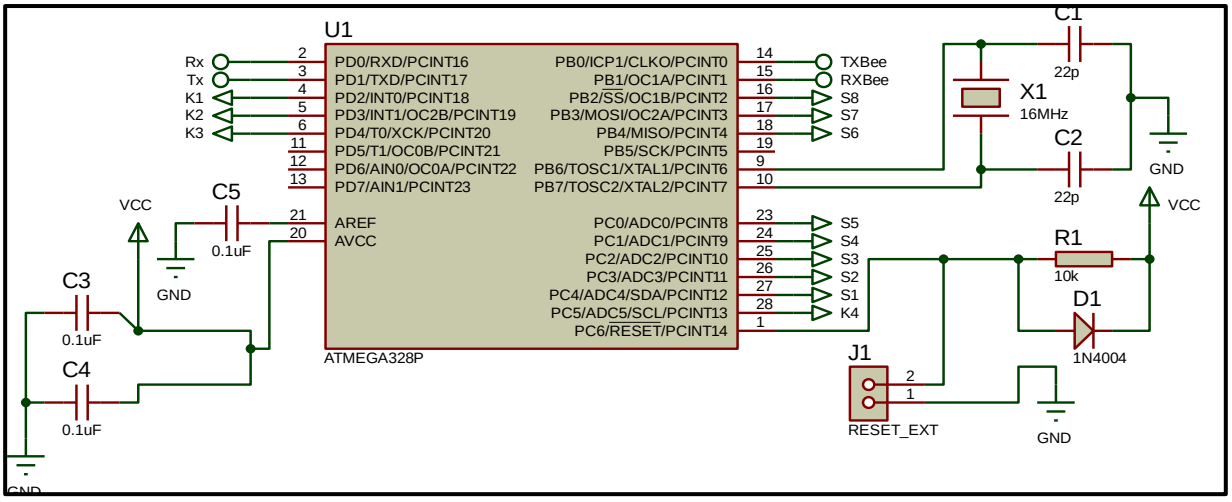


Fig. 36 Puertos de entrada y salida usados en el microcontrolador de la tarjeta POWERCONTROL_V1

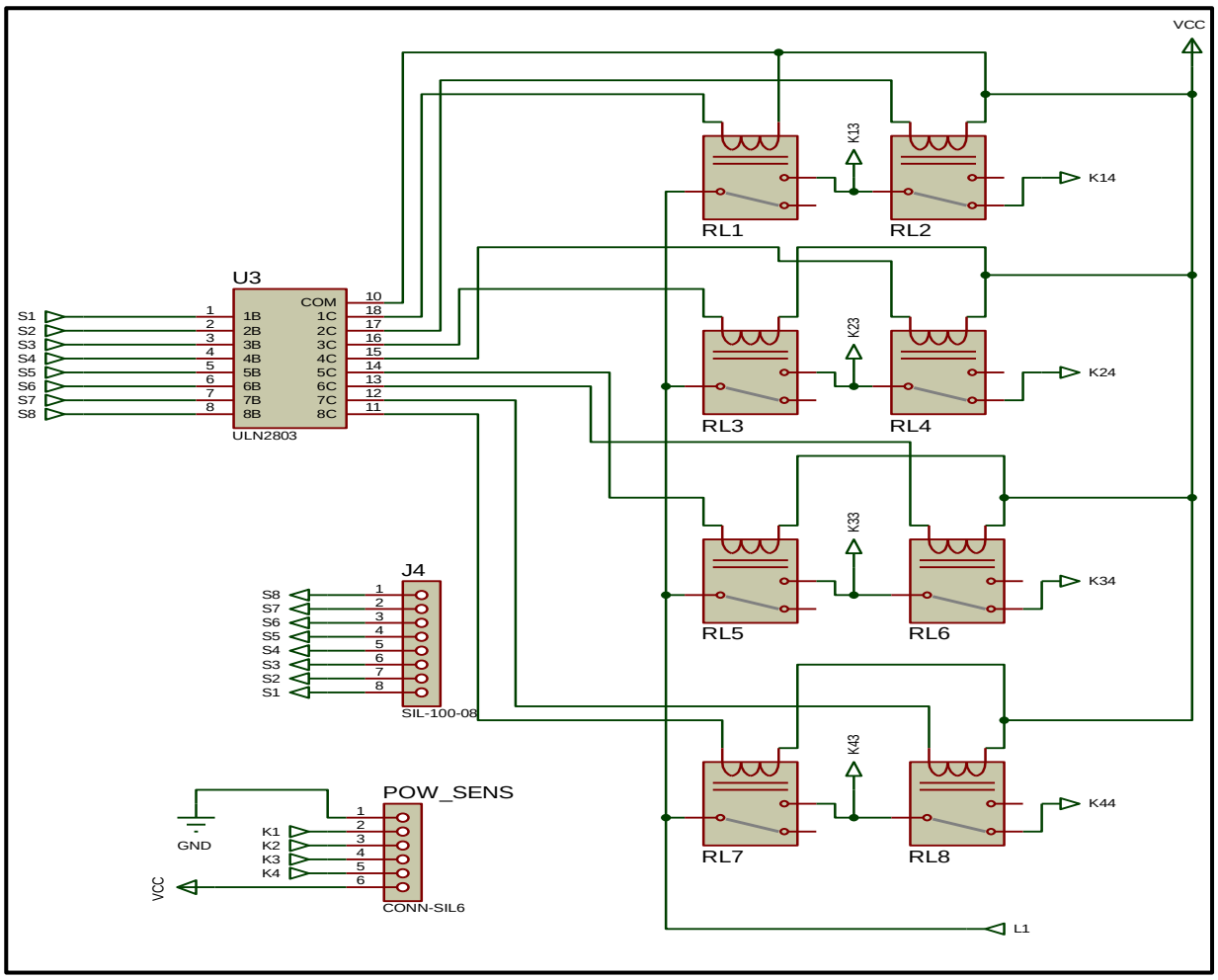


Fig. 37. Circuito esquemático para el control de relés de la tarjeta POWERCONTROL_V1

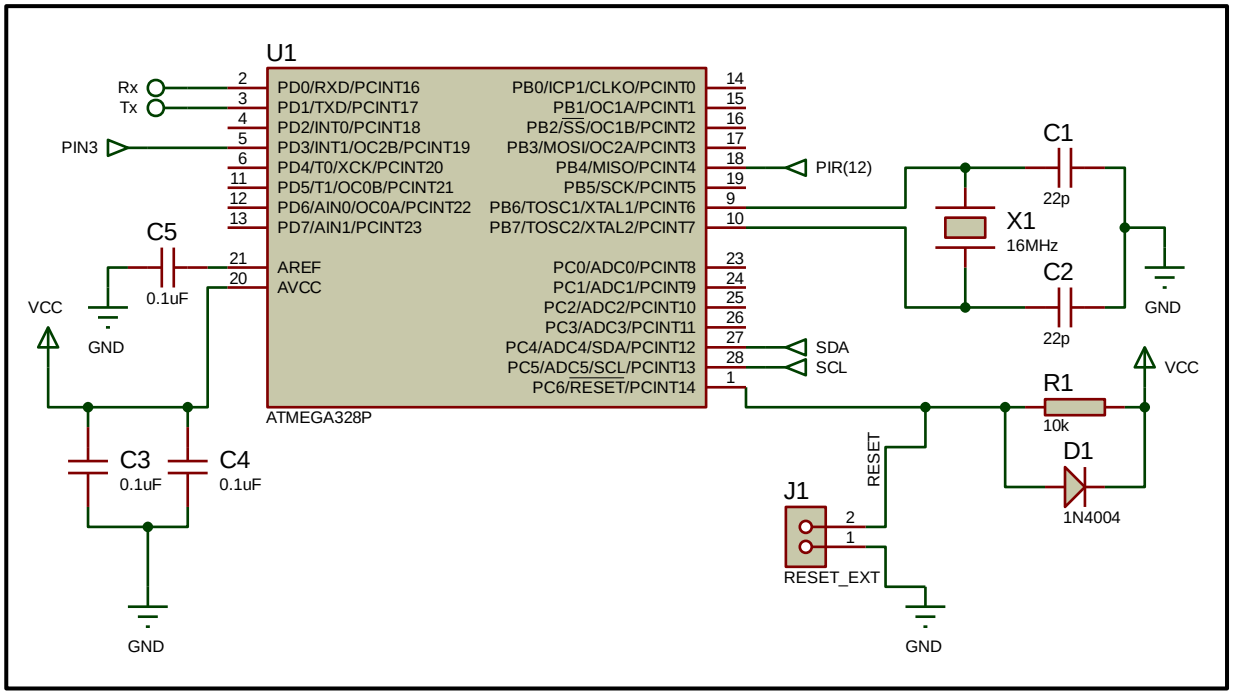


Fig. 38. Puertos de entrada y salida usados en el microcontrolador de la tarjeta TMONTX_V1

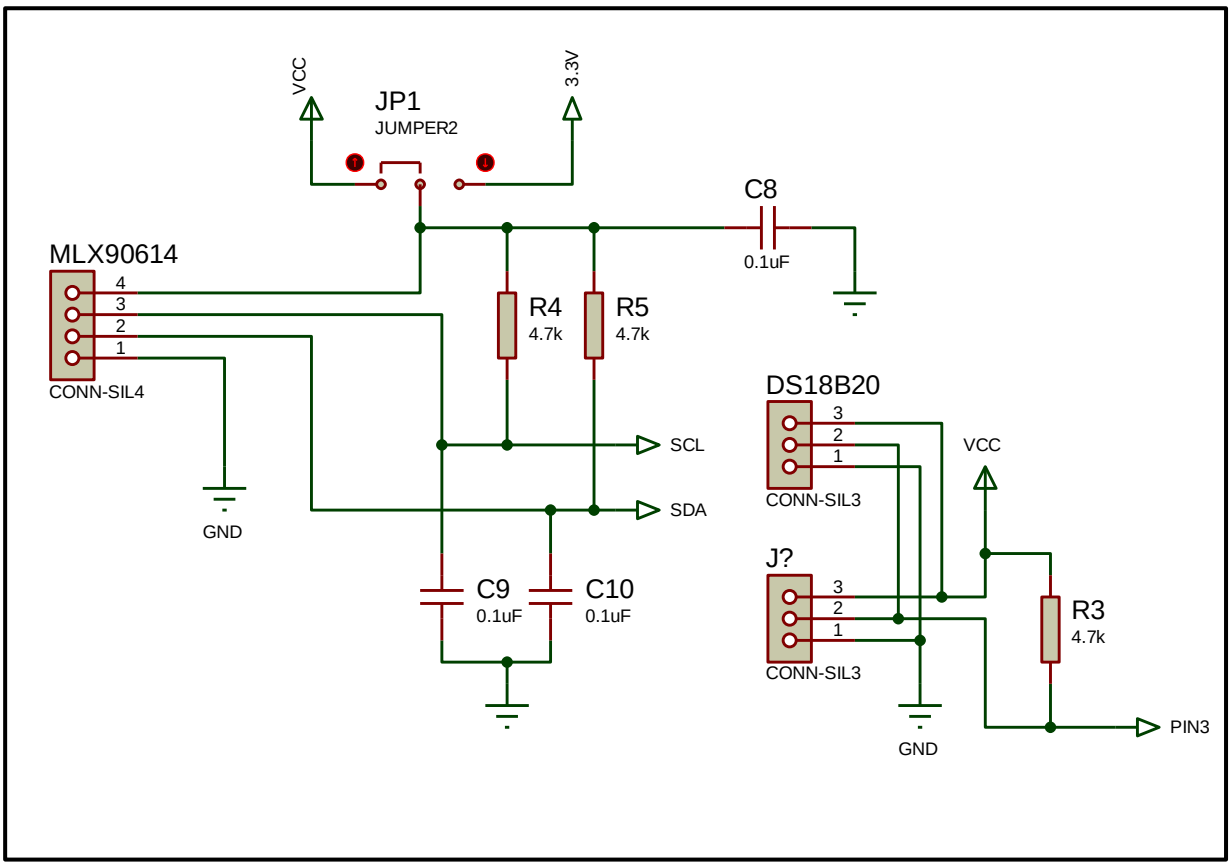


Fig. 39. Circuito acondicionador de señales de la tarjeta TMONTX_V1

7.11. LIMITANTES

- Las tarjetas embebidas que se diseñaron carecen de las protecciones necesarias para poder usarlas en entornos industriales.
- Por el modelo de antena (XBee XBP24CZ7SIT-004) y la configuración de red que se está usando la transferencia inalámbrica de datos entre los nodos esclavos y el nodo coordinador está limitada a 1000 m en línea de vista y entre 50m y 100 m con paredes.
- Con el protocolo 802.15.4 no se tiene acceso directo a la información que proporcionan los nodos desde un servidor web y para acceder a los datos se requiere una puerta de enlace.
- Si la puerta de enlace no funciona se pierde la comunicación con todos los nodos de la red usando la configuración de red actual.
- Las tarjetas se diseñan con una cantidad limitada de entradas y salidas que no pueden ampliarse a menos que se rediseñe la tarjeta.
- Las tarjetas diseñadas no están pensadas para ser utilizadas en entornos industriales.
- Las dimensiones de la tarjeta fueron diseñadas de tal forma que se pudieran utilizar carcasas desarrolladas para otro fin.

8. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en este proyecto muestran que sí es posible obtener información en tiempo real de variables físicas de forma remota; pero no en el sentido literal, pues desde que los sensores captan las señales, más el procesamiento embebido, transmisión de tramas, almacenamiento en base de datos y muestra de resultados en pantalla en cada etapa del proceso existe un tiempo de latencia.
- Los resultados obtenidos establecen las bases y forman un precedente para futuros proyectos similares.
- Para construir una estructura flexible, mecánica y electrónica capaz de integrar los elementos en un espacio más reducido se requiere de equipo sofisticado, preciso y de calidad.

9. RECOMENDACIONES

- Para implementar una solución aplicando IoT se debe considerar la tecnología que mejor se adapta a las necesidades y entorno de aplicación.
- Diseñar las tarjetas controladoras para poder ser utilizadas industrialmente.
- Para el proceso copia del firmware se requiere de un equipo especial ya que el utilizado es de forma manual.
- Se recomienda utilizar una impresora 3D para la elaboración de chasis capaz de ser colocado en un riel din y a la medida de la tarjeta creada.
- En futuros proyectos agregar una calibración dinámica para los sensores de corriente SCT-013; ya que con el tiempo tienden a descalabrarse.
- A las tarjetas para el monitoreo de la energía eléctrica PWRMONTX_V2, agregarle en futuros diseños un sensor de voltaje AC; ya que actualmente no lo tiene y para el cálculo de la potencia se realiza con un voltaje promedio de 120v.

10. GLOSARIO

INDUSTRIA 4.0: Término acuñado en Alemania para describir la digitalización de sistemas y procesos industriales, y su interconexión mediante el Internet de las cosas para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos.

LA NUBE: es el conjunto "infinito" de servidores de información desplegados en centros de datos, a lo largo de todo el mundo donde se almacenan millones de aplicaciones Web y enormes cantidades de datos a disposición de miles de organizaciones y empresas, y cientos de miles de usuarios que se descargan y ejecutan directamente los programas y aplicaciones de software almacenados en dichos servidores tales como Google, Amazon, IBM o Microsoft.

ZIGBEE: Es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (WPAN).

OPEN HARDWARE: Se llama hardware libre, electrónica libre o máquinas libres a aquellos dispositivos de hardware cuyas especificaciones y diagramas esquemáticos son de acceso público, ya sea bajo algún tipo de pago, o de forma gratuita. La filosofía del software libre es aplicable a la del hardware libre, y por eso forma parte de la cultura libre. Un ejemplo de hardware libre es la arquitectura UltraSparc cuyas especificaciones estén disponibles bajo una licencia libre.

TECNOLOGÍA: es el conjunto de conocimientos técnicos, científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de la humanidad.

HARWARE EMBEBIDO: Sistema de computación diseñado para realizar una o algunas pocas funciones dedicadas, frecuentemente en un sistema de computación en tiempo real. Normalmente lleva un microcontrolador o microprocesador y además tiene unos periféricos para interconectarse con otros dispositivos.

RESISTENCIA DE BURDEN: Este se designa como la carga o impedancia ZB conectada al secundario de un transformador de corriente (TC) o de un transformador de tensión (TT).

FIRMWARE: es el código de los elementos programables, ya sea el microcontrolador, DSP o FPGA. Se escribe como texto en un determinado lenguaje, por ejemplo, en el caso de microcontroladores suele ser C.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Libros

[1] Joyanes Aguilar, Luis

Industria 4.0 La cuarta revolución industrial

Editorial Alfaomega

Primera Edición

Mexico, 2018.

[2] Reyes Cortés, Fernando; Cid Monjaraz, Jaime

Arduino: aplicaciones en robótica mecatrónica e ingenierías

Editorial Marcombo

España, 2015.

[3] Joyanes Aguilar, Luis,

Computación en la nube - estrategias de cloud computing en las empresas

Editorial Alfaomega

Primera Edición

Mexico, 2012.

[3] Lajara, José Rafael; Pelegrí José

Sistemas Integrados con Arduino

Editorial Alfaomega

Primera Edición

Mexico, 2014.

Sitios Web

- https://www.aprendiendoarduino.com/talleres-arduino/arduino-day-2017/taller-iot-conectando-dispositivos-con-arduino**/**

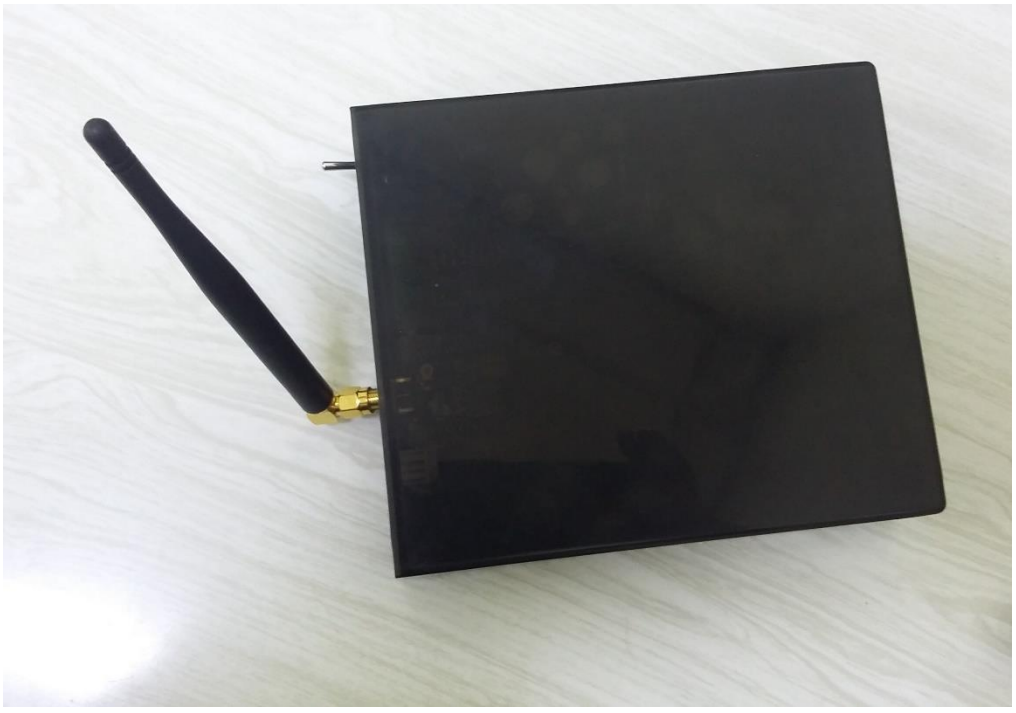
- https://www.digi.com/products/xbee-rf-solutions/xctu-software/xctu

12.ANEXOS

12.1. ANEXO #1 TARJETAS DESARROLLADAS

Tarjeta






TECHMAN
DC5V
10A/28VDC
10A/125VAC
RH-005C
XBee
ITCA FEPADE
SANTA ANA
POWERCONTROL_V1


AMPU
STEND
MIYAKO
266


Escuela Especializada en Ingeniería
ITCA FEPADE
SANTA ANA

12.2. ANEXO # 2 SISTEMA WEB PARA CONSULTA DE DATOS

Pantalla de inicio de sesión.



Pantalla de bienvenida



Pantalla para ver consumo eléctrico.



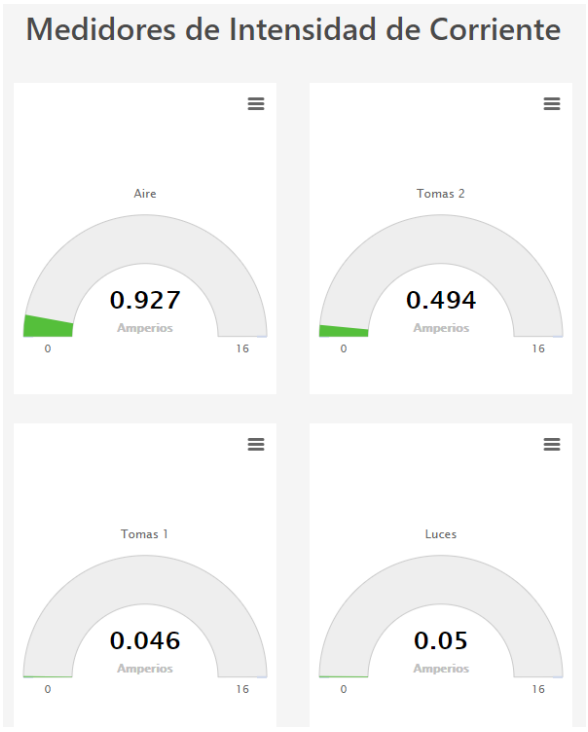
Consumo eléctrico del Centro de Cómputo 2

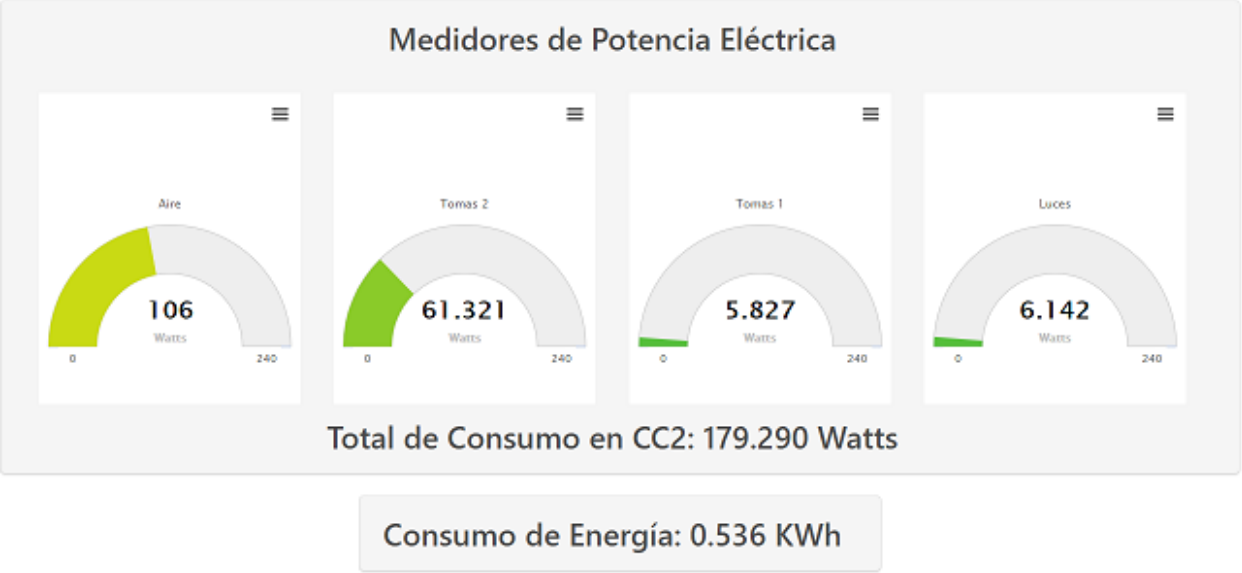


Medidores en tiempo real

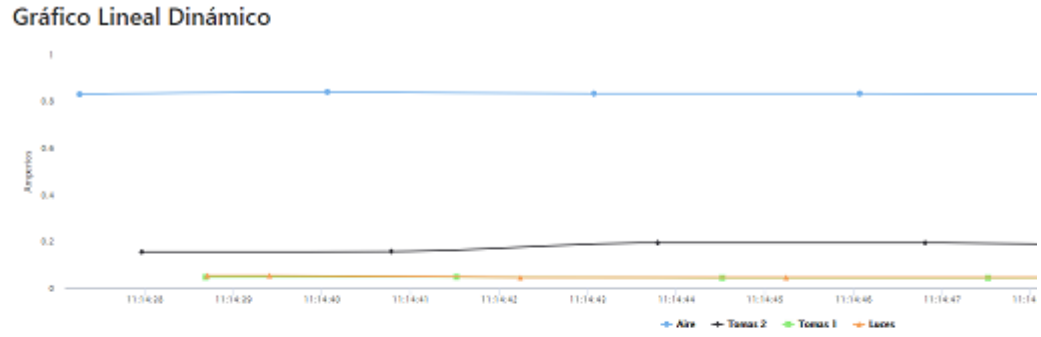


Medidores de intensidad de corriente





Consumo de Energía: 0.536 KWh



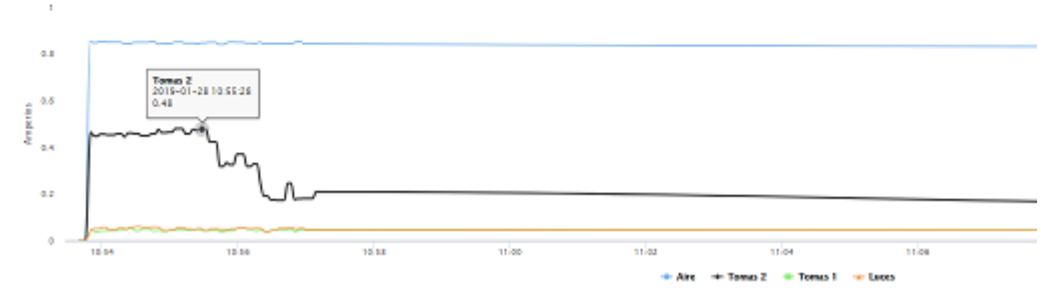


Gráfico Lineal Dinámico

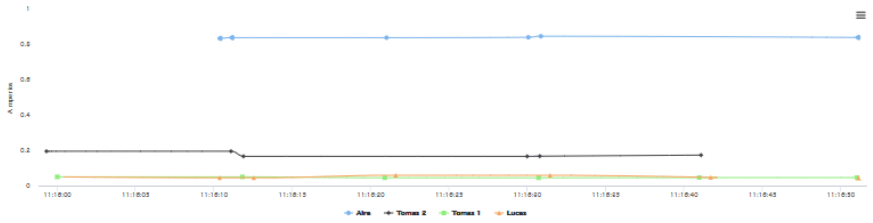
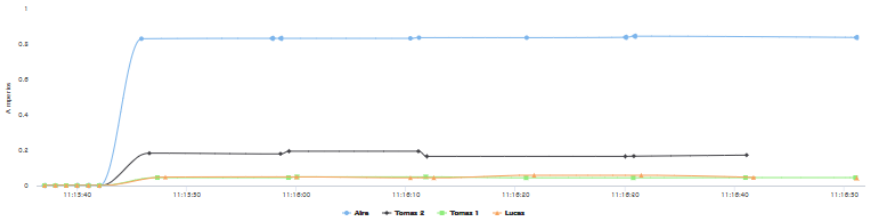


Gráfico Lineal Acumulativo



Valores

Aire	Tomas 2	Tomas 1	Luces
0.837 Amperios	0.172 Amperios	0.045 Amperios	0.041 Amperios

Total de Consumo:

Medidores de Potencia

Gráfico Lineal Dinámico

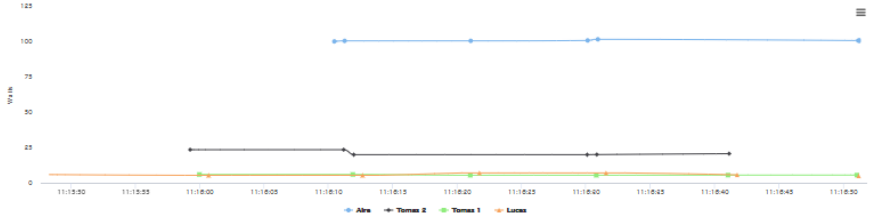
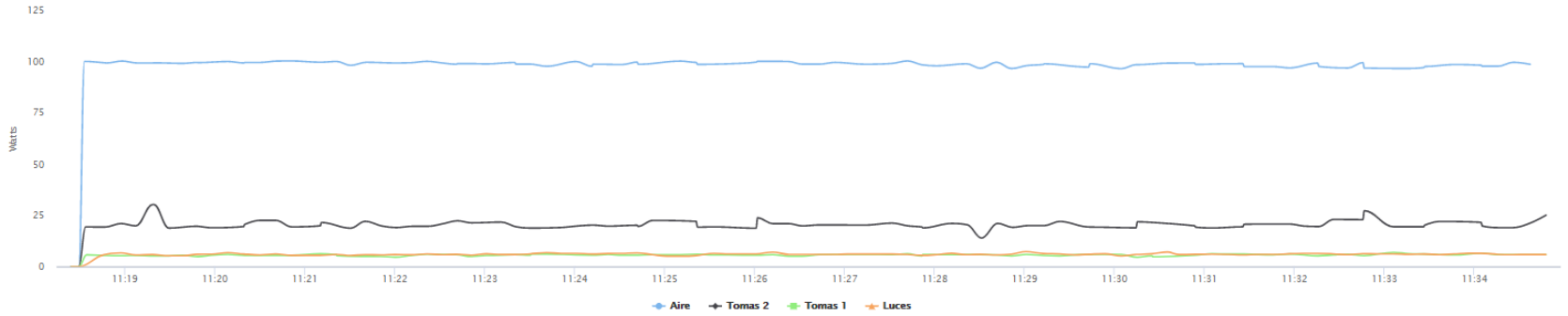


Gráfico Lineal Acumulativo



Gráfico Lineal Acumulativo



Valores

Aire	Tomas 2	Tomas 1	Luces
98.72 Watts	25.104 Watts	5.813 Watts	5.889 Watts

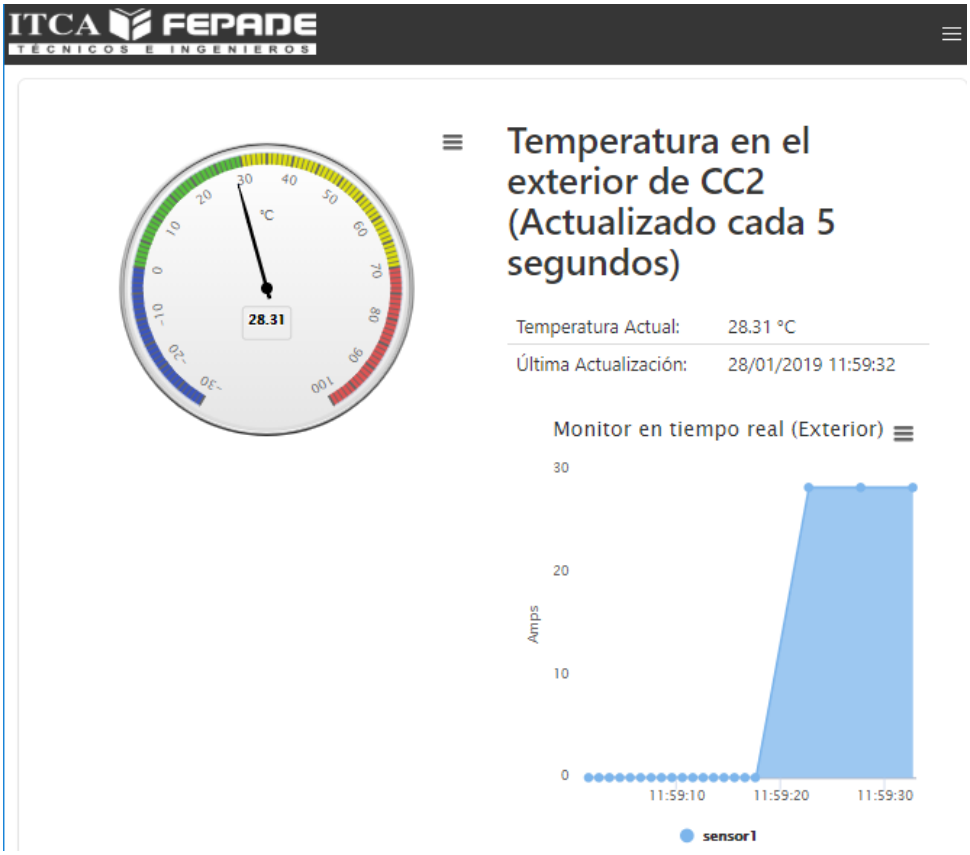
Total de Consumo: 128.503 Watts

Consumo de Energía: 0.63 KWh



Seleccionar un tipo de consulta para la temperatura





Anexo # 3 fotografías de creación de red eléctrica.








A DE EVACUACIÓN
LES RECUERDE A LOS
MNOS DE PRIMER AÑO
TREGAR COPIA DE SU
TULO DE BACHILLER


VACUACIÓN
ERDE A LOS
PRIMER AÑO
OPIA DE SU
ACHILLER



IDENTIDAD INSTITUCIONAL

VISIÓN

Ser una institución educativa líder en educación tecnológica a nivel nacional y regional, comprometida con la calidad, la empresarialidad y la pertinencia de nuestra oferta educativa.

MISIÓN

Formar profesionales integrales y competentes en áreas tecnológicas que tengan demanda y oportunidad en el mercado local, regional y mundial, tanto como trabajadores y como empresarios.

VALORES

EXCELENCIA: *Nuestro diario quehacer está fundamentado en hacer bien las cosas desde la primera vez.*

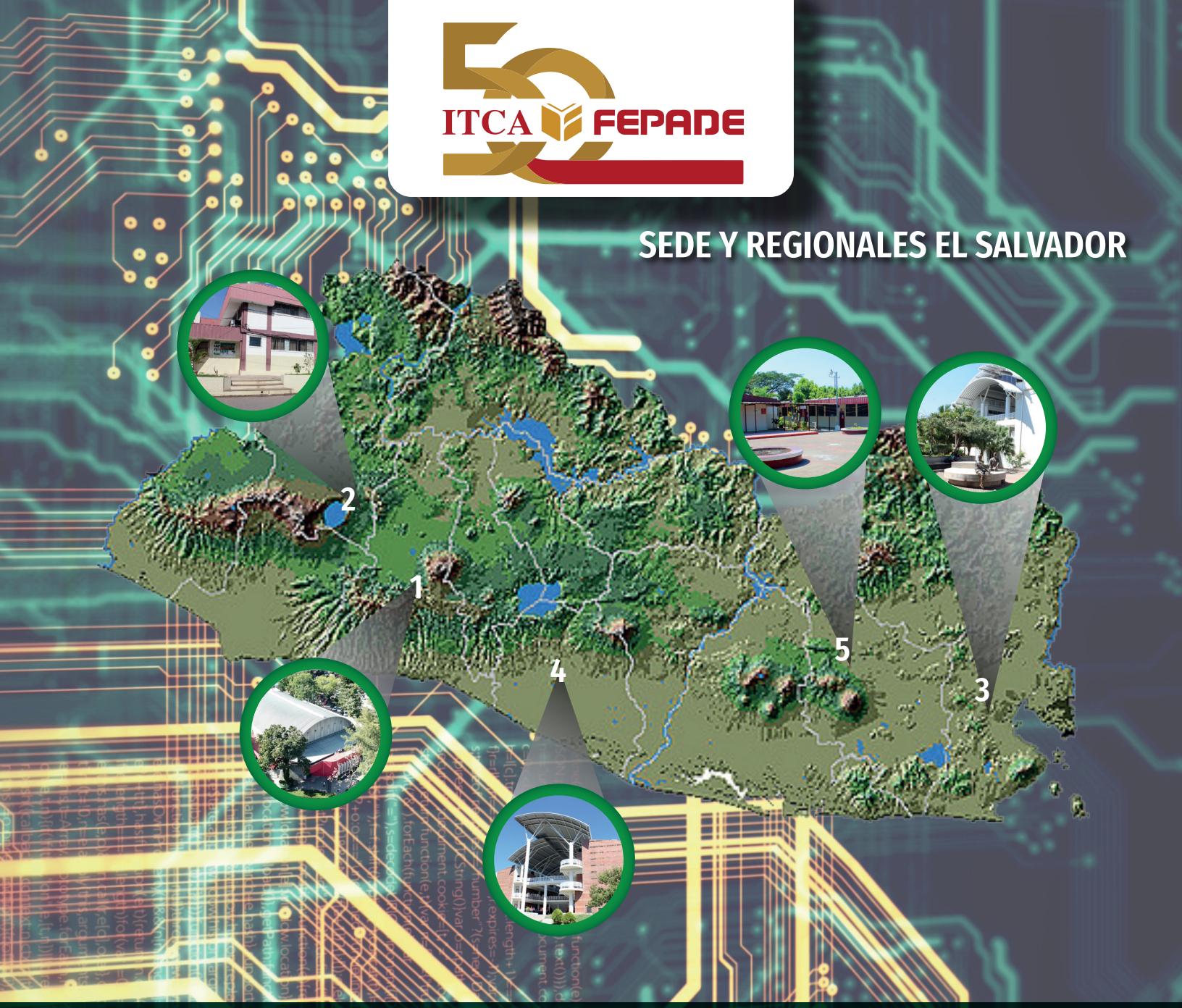
INTEGRIDAD: *Actuamos congruentemente con los principios de la verdad en todas las acciones que realizamos.*

ESPIRITUALIDAD: *Desarrollamos todas nuestras actividades en la filosofía de servicio, alegría, compromiso, confianza y respeto mutuo.*

COOPERACIÓN: *Actuamos basados en el buen trabajo en equipo, la buena disposición a ayudar a todas las personas.*

COMUNICACIÓN: *Respetamos las diferentes ideologías y opiniones, manteniendo y propiciando un acercamiento con todo el personal.*

SEDE Y REGIONALES EL SALVADOR



La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, fundada en 1969, es una institución estatal con administración privada, conformada actualmente por 5 campus: Sede Central Santa Tecla y cuatro Centros Regionales ubicados en Santa Ana, San Miguel, Zacatecoluca y La Unión.

1 SEDE CENTRAL SANTA TECLA
Km. 11.5 carretera a Santa Tecla, La libertad.
Tel.: (503) 2132-7400
Fax: (503) 2132-7599

2 CENTRO REGIONAL SANTA ANA
Final 10a. Av. Sur, Finca Procavia.
Tel.: (503) 2440-4348
Tel./Fax: (503) 2440-3183

3 CENTRO REGIONAL LA UNIÓN
Calle Sta. María, Col. Belén, atrás del Instituto Nacional de La Unión
Tel.: (503) 2668-4700

4 CENTRO REGIONAL ZACATECOLUCA
Km. 64.5, desvío Hacienda El Nilo sobre autopista a Zacatecoluca.
Tel.: (503) 2334-0763 y (503) 2334-0768

5 CENTRO REGIONAL SAN MIGUEL
Km. 140 carretera a Santa Rosa de Lima.
Tel.: (503) 2669-2298
Fax: (503) 2669-0061

www.itca.edu.sv