TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

"PROTOTIPO DE CARGA ARTIFICAL PARA DETERMINAR EFICIENCIA DE MEDIDORES EN BAJA TENSIÓN"

TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PRESENTA:

ROBERTO FERNÁNDEZ PERIAÑEZ

NOMBRE DEL ASESOR:
SALVADOR RAÚL MONTERO VALENCIA

APIZACO, TLAXCALA, JUNIO 2026

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Departamento de Metal Mecánica

Tzompantepec, Tlaxcala, 21/abril/2026

Oficio No. MM-353/2026

Asunto: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

LIC. CECILIA YARELLY ARREGUIN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	ROBERTO FERNÁNDEZ PERIAÑEZ
Carrera:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
No. De Control:	20370468
Nombre del Proyecto:	"PROTOTIPO DE CARGA ARTIFICIAL PARA DETERMINAR EFICIENCIA DE MEDIDORES EN BAJA TENSIÓN".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MTRO. JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

ING. SALVADOR RAÚL MONTERO VALENCIA
ASESOR

c.p.- Archivo.
JAV*petry.

2026 año de Margarita Maza

Av. Instituto Tecnológico No. 418, Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx https://www.apizaco.tecnm.mx

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, 24/abril/2026

ROBERTO FERNÁNDEZ PERIAÑEZ
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 20370468.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"PROTOTIPO DE CARGA ARTIFICIAL PARA DETERMINAR EFICIENCIA DE MEDIDORES EN BAJA TENSIÓN"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **1 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

CECILIA YARELLY ARREGUÍN LARA
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/gvm*

2026 año de Margarita Maza

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 144, e-mail: dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx https://www.apizaco.tecnm.mx

Agradecimientos

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis padres, Juan Fernandez Guzmán y Ricarda Periañez Luna, por todo el apoyo y amor incondicional que me han brindado a lo largo de mi vida. Son los mejores padres que alguien podría pedir, y estoy eternamente agradecido por todo lo que han hecho y continúan haciendo por mí. A mis hermanos, Jorge Enrique y Oliver, gracias por estar siempre ahí, por creer en mí cuando yo dudaba y por celebrar mis logros como si fueran suyos. Aprecio profundamente todo lo que hacen y todo lo que representan en mi vida. Simplemente, los amo, familia.

Agradezco infinitamente a mis asesores y maestros, quienes han sido pilares fundamentales en mi vida profesional. Gracias por su dedicación y por ser una fuente constante de inspiración. Estoy profundamente agradecido por todo lo que he aprendido bajo su tutela. Espero seguir aplicando y desarrollando los conocimientos y habilidades que he adquirido, y continuaré esforzándome por alcanzar nuevas metas y desafíos.

A mis mejores amigos, Josué Munguía Villegas que desde estudiar la preparatoria juntos entramos a estudiar la universidad, para mis demás amigos y compañeros de la carrera, gracias por cada momento que hemos compartido y por todo lo que han hecho por mí. Su apoyo incondicional y su amor desinteresado me han mostrado el verdadero significado de la amistad. Ustedes han sido mi familia elegida, y no hay palabras suficientes para expresar lo mucho que valoro nuestra relación.

Agradezco infinitamente a Dios por todas las bendiciones recibidas y también a mí mismo por mi dedicación, mi espíritu de superación y por no dejar de aprender. Este es solo el comienzo de un camino lleno de más logros y éxitos. Sigue adelante con la misma pasión y determinación, y recuerda siempre celebrar tus victorias y aprendizajes "Sin duda aprecio los días de esfuerzo como mis días más bellos"

Con gratitud y amor:

Roberto Fernandez Periañez

Resumen

El proyecto denominado *"Prototipo de carga artificial para determinar eficiencia de medidores en baja tensión"* tiene como objetivo diseñar y construir un prototipo de carga artificial que permita evaluar la eficiencia de medidores eléctricos, garantizando su correcto funcionamiento y el cumplimiento de las normativas. Se desarrollará en la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, durante el periodo de residencias profesionales comprendido del 10 de febrero de 2025 al 11 de agosto de 2025, en colaboración con los departamentos de Medición y Facturación de la CFE.

El estudio se enfocará en rectificar el buen funcionamiento de los medidores eléctricos mediante el monitoreo de rutas específicas del área de facturación y el seguimiento de servicios con anomalías o alteraciones en el consumo registrado de kWh. El trabajo se estructurará en fases que incluyen la recolección de datos, análisis, simulaciones, observaciones de servicios con antecedentes de anomalías, y concluirá con la implementación y validación del prototipo.

Entre los objetivos particulares se encuentra analizar los fundamentos del medidor eléctrico, diseñar un circuito de carga artificial, construir y realizar pruebas experimentales, documentar y analizar los resultados, así como elaborar un informe técnico final. En síntesis, este proyecto busca garantizar la confiabilidad de los medidores eléctricos en baja tensión mediante el desarrollo de un prototipo de carga artificial, lo que permitirá detectar y corregir anomalías en el consumo registrado, fortaleciendo la transparencia en los procesos de facturación de la CFE.

ÍNDICE

CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO ***7***

1.1 INTRODUCCION *7*

1.2 Descripción de la empresa u organización y del área de trabajo *7*

1.3 Planteamiento e identificación del problema. *9*

1.4 Problemas a resolver *10*

1.5 Objetivos *11*

1.5.1 Objetivo general *11*

1.5.2 Objetivos especificos *12*

1.6 deliminaciones y limitaciones *12*

1.6.1 delimitaciones *12*

1.6.2 limitaciones *13*

1.7Justificacion *14*

1.8 propuesta de solucion *14*

1.8.1 Idea generalizada y diagramas *16*

1.9 presupuesto planteado *17*

1.10 analisis costo-beneficio del proyecto *18*

Capitulo 2. marco teórico ***21***

2.1 medidores electronicos monofasicos *21*

2.2 Alcance del Suministro *22*

2.2.2 Condiciones del software propietario para la gestión, control y configuración del medidor . 25

2.3 Pruebas de influencia de sobrecorriente de corto tiempo *29*

2.4 Verificación de Medidores en Campo *32*

2.5 Cubierta de superficie que se proyectan dentro de la base enchufe para medidores de 4 a 5 terminales *35*

2.2 ARDUINO *36*

2.3 SENSOR DE CORRIENTE ACS712 ..... *42*

2.3.1 APLICACIONES *43*

2.3.2 APLICACIONES *44*

2.4 SENSOR DE VOLTAJE ZMP101B AC 0-250V ARDUINO *45*

2.4.1 ESPECIFICACIONES Y CARACTERISTICAS *45*

2.4.2 INFORMACIÓN ADICIONAL *46*

2.5 PANTALLA LCD ARDUINO *48*

2.5.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS *48*

2.6 SCREW SHIELD PARA ARDUINO *50*
2.6.1 Especificaciones Técnicas y Componentes *50*
2.7 MODULO REGULADOR VOLTAJE LM317 DCDC 20W *52*
2.7.1 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS *53*
2.8 tranformador (carga artificial) *54*
2.9 Modulo fotosensible de luz LDR *55*
CAPITULO 3. METODOLOGIA Y PROCESOS DE DESARROLLO ***57***
3.1 Materiales a utilizar *57*
3.1.2 presentacion de materiales *60*
3.2 Prueba y error *61*
3.2.2 Verificacion de medidor monofasico de prueba *61*
3.2.3 PRUEBA de modulo foto sensible de luz ldr *66*
3.2.4 Prueba de sensor de corriente *69*
3.3 INTERCONEXION DE CIRCUITO PROGRAMADO Y conexión DE MODULOS *73*
3.4 RESULTADOS Y PRUEBLA COMPARACION *74*
3.4.2 Programación y lógica de medición *75*
3.4.3 Prueba de comparación (normal vs. intervenido) *75*
3.4.2 Resultados cualitativos en campo *76*
3.4.3 SEGUNDA PROPUESTA DE CARGA UTILIZADA *78*
3.5 Prupuesta DE CARGA instantanea POR ASESOR *79*
CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS ***81***
4.1 Conclusiones personales *81*
4.2 Competencias aplicadas *83*
4.3 Competencias desarrolladas *83*
CAPITULO 5 FUENTES Y ANEXOS ***85***
- *[1]EPS CFE DISTRIBUCIÓN GERENCIA DE LAPEM(CFE GWH00-34)* *85*

CAPITULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 INTRODUCCION

La medición precisa del consumo eléctrico es un aspecto fundamental para garantizar la confiabilidad en la facturación y la satisfacción de los usuarios. Sin embargo, los medidores en baja tensión pueden presentar fallas, anomalías o alteraciones que afectan tanto al cliente como a la empresa suministradora de energía. Con el fin de atender esta necesidad, el presente proyecto propone el diseño y construcción de un prototipo de carga artificial que permita evaluar la eficiencia de los medidores eléctricos, asegurando que cumplan con los parámetros de calidad y normativas establecidas.

Este trabajo se desarrollará en la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, en colaboración con los departamentos de Medición y Facturación de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). A través de un proceso que comprende la recolección de datos, análisis, simulaciones y pruebas experimentales, se busca comprobar la veracidad de las lecturas de consumo y detectar posibles irregularidades. El resultado final será un diseño de prototipo, el cual servirá para realizar la comparación de un watt-hora de referencia con el propio prototipo, verificando si el medidor registra correctamente en tiempo o presenta alguna anomalía interna. Esto permitirá fortalecer la confiabilidad de las mediciones en campo y consolidar la relación entre la empresa y el estudiante mediante la aplicación práctica del conocimiento adquirido.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL ÁREA DE TRABAJO

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es la empresa pública encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en México. Fundada en 1937, su misión principal es garantizar el suministro de energía eléctrica a nivel nacional bajo principios de eficiencia, calidad, continuidad y sustentabilidad. Se trata de una de las compañías más grandes del país, tanto en infraestructura como en capital humano, pues cuenta con una cobertura que alcanza prácticamente todos los rincones del territorio mexicano. De esta manera, CFE no solo asegura el acceso universal al servicio eléctrico, sino que también contribuye al desarrollo económico y social al ser un pilar estratégico en el progreso industrial, comercial y doméstico.

La CFE se organiza en diversas áreas operativas y comerciales. Dentro de su estructura, las Agencias Comerciales cumplen un papel fundamental, ya que son las encargadas de la atención directa al usuario, la gestión administrativa de contratos, la supervisión del consumo

de energía y la verificación de medidores, así como de las actividades relacionadas con cortes, reconexiones y facturación.

Estas agencias permiten mantener una relación cercana con los clientes, garantizando que el suministro eléctrico se brinde en condiciones de equidad y conforme a la normatividad establecida.

En este contexto, las residencias profesionales se llevaron a cabo en la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, específicamente en el área comercial. Dicho espacio concentra labores de gran relevancia, tales como la toma de lecturas, cortes y reconexiones de servicio, ajustes de facturación, supervisiones de campo y recuperación de energía no contabilizada. Una parte esencial de este trabajo se realiza mediante el uso del sistema SINOT (Sistema nacional de ajustes), el cual permite gestionar de manera digital y ordenada los procesos vinculados con los servicios eléctricos de los usuarios.

Las actividades del residente se enfocaron principalmente en apoyar la supervisión y verificación de los procesos realizados por el personal sindicalizado de CFE. Entre estas tareas se encontraba la revisión de ajustes de consumo, los cuales correspondían a casos de usuarios con diferencias entre el consumo real y el facturado, ya fuera por anomalías en los medidores o por situaciones administrativas. En total, la agencia registraba alrededor de 70 ajustes, los cuales debían ser validados y dados de alta en el sistema por el residente. De esta manera, se aseguraba que cada procedimiento quedara correctamente documentado y reflejado en la plataforma.

Otra de las funciones desarrolladas consistió en la supervisión de cambios de medidores, actividad esencial para garantizar que los equipos instalados funcionaran adecuadamente y evitar irregularidades en el registro del consumo. Asimismo, se realizaron presentaciones internas sobre la jerarquía y la estructura organizacional de la agencia comercial, con el objetivo de comprender el papel de cada área en el proceso integral de atención al cliente y administración del servicio eléctrico.

Una parte relevante del trabajo consistió en las supervisiones de campo, donde el residente verificaba que los colaboradores de CFE cumplieran con las órdenes en tiempo y forma.

Esto incluía la conexión, reconexión y corte de servicios, así como la revisión de la correcta toma de lecturas. En este último aspecto, la supervisión aseguraba que los registros fueran exactos y sin errores, tanto en lecturas intermedias como en lecturas bimestrales. La precisión en estas mediciones era indispensable, ya que cualquier error podía repercutir directamente en la facturación y en la relación con los usuarios.

Dentro de estas supervisiones también se contemplaba la detección y registro de anomalías. Estas podían abarcar desde un displey apagado del medidor, hasta una desconexión de piso, la cual correspondía a órdenes específicas (como las SCT, S01 o S06), mediante las cuales se

retiraba un medidor cuando el servicio ya no debía permanecer activo, por ejemplo, en casos en los que el usuario había abandonado el domicilio. Identificar y dar seguimiento a estas anomalías representaba una tarea crucial para garantizar la transparencia y el buen funcionamiento de los servicios de la agencia.

En conjunto, todas estas labores permitieron al residente conocer de primera mano los procesos administrativos y técnicos que conforman la operación comercial de CFE, así como la importancia de mantener controles adecuados en cada una de las etapas que conforman la atención al usuario.

A través de la verificación de ajustes, la supervisión de cortes y reconexiones, la validación de lecturas y el seguimiento de anomalías, se logró contribuir al fortalecimiento de las prácticas internas de la agencia, asegurando un servicio más justo y eficiente para los clientes.

Por tanto, la experiencia adquirida durante la residencia profesional no solo permitió aplicar conocimientos técnicos y administrativos, sino que también brindó la oportunidad de comprender la magnitud de la responsabilidad que la CFE tiene con la sociedad mexicana. La participación en estas actividades dentro de la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, representó un ejercicio formativo que aportó habilidades en supervisión, gestión de datos y análisis de procesos, consolidando un aprendizaje integral que refuerza la preparación profesional del residente.

1.3 PLANTEAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

En el sector eléctrico, los medidores en baja tensión cumplen una función esencial para garantizar que el consumo de energía de los usuarios sea registrado de manera precisa, lo que permite tanto una facturación justa como la transparencia en la relación entre empresa y cliente. Sin embargo, en la práctica, los medidores pueden presentar problemas que afectan su desempeño, ya sea por fallas técnicas, desgaste, errores de calibración o incluso por manipulaciones internas intencionadas que alteran la lectura real del consumo. Estas situaciones generan pérdidas económicas para la empresa suministradora y afectan la confiabilidad del servicio prestado.

El problema central que busca resolver este proyecto es verificar de manera eficiente y confiable el funcionamiento de los medidores eléctricos en baja tensión para garantizar que no

hayan sido manipulados y que su desempeño cumpla con los parámetros establecidos. Actualmente, realizar esta verificación sin un sistema adecuado implica altos costos, tiempo y dificultades técnicas, ya que es necesario instalar cargas reales para comprobar la exactitud de las mediciones.

1.4 PROBLEMAS A RESOLVER.

La solución planteada consiste en el diseño y construcción de un prototipo de carga artificial que permita, por medio de medidores eléctricos digitales (como los modelos Wasion o IUSA), simular condiciones de consumo de energía de manera controlada y segura. Este prototipo brindará la posibilidad de observar el comportamiento real de un medidor y comprobar su correcto funcionamiento sin necesidad de recurrir a cargas físicas convencionales, que resultan poco prácticas y de difícil manejo.

El uso de una carga artificial no solo representa una alternativa innovadora, sino también una herramienta eficiente para realizar pruebas experimentales, detectar anomalías y asegurar la integridad del equipo. De esta manera, se busca garantizar que los medidores instalados registren de manera veraz el consumo eléctrico, reduciendo riesgos de manipulación, errores de facturación y pérdidas para la empresa suministradora.

En síntesis, el proyecto aporta una solución práctica, económica y replicable que contribuye a mejorar la confiabilidad del sistema de medición en baja tensión, fortaleciendo la calidad del servicio y el cumplimiento de las normativas en materia de energía eléctrica.

Se mostrará un diagrama de flujo el cual nos permitirá con mayor criterio observar como seria le procesos de identificación del problema

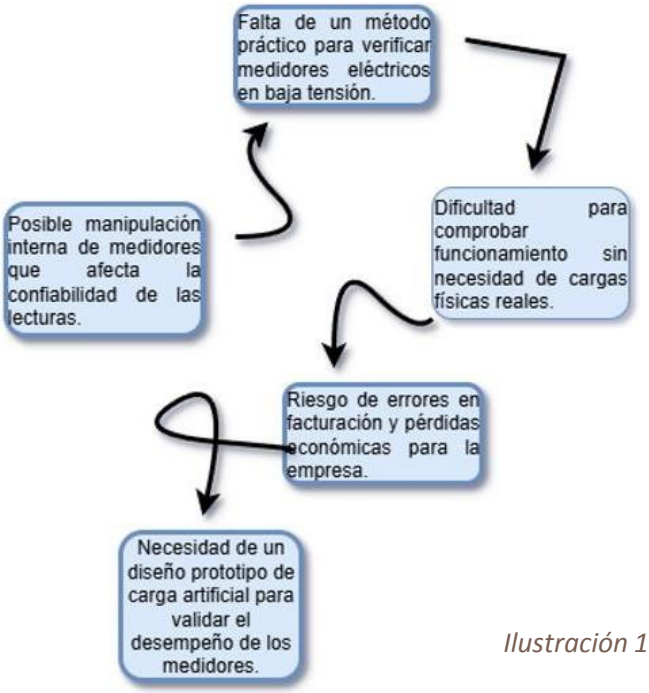


Ilustración 1 Diagrama de identificación de problema

La identificación del problema permitió reconocer que los medidores eléctricos en baja tensión representan un elemento crítico dentro del sistema de distribución de energía, ya que de su correcto funcionamiento depende la transparencia y confiabilidad en la facturación. Se determinó que existen riesgos asociados a fallas técnicas, desgaste, errores de calibración o posibles manipulaciones internas, lo que puede generar pérdidas económicas y afectar la calidad del servicio. Ante estas limitaciones, se concluye que es necesario implementar un método eficiente que permita verificar el estado de los medidores sin depender de cargas reales, reduciendo costos y tiempo de diagnóstico. En este sentido, el diseño de un prototipo de carga artificial surge como una alternativa innovadora y práctica que facilita la detección de anomalías, asegura la integridad de los equipos y contribuye a fortalecer la confiabilidad del sistema eléctrico.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Objetivo: Diseñar y construir un prototipo de carga artificial que permita evaluar la eficiencia de medidores eléctricos, asegurando su correcto funcionamiento y cumplimiento de las normativas.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar los fundamentos del medidor eléctrico para identificar principios de funcionamiento, exactitud y normas aplicables.
- Diseñar un circuito de carga artificial que simule condiciones reales de consumo eléctrico.
- Construir y diseñar el prototipo con componentes seguros y funcionales.
- Realizar pruebas experimentales aplicando diferentes escenarios de carga y factor de potencia.
- Documentar y analizar los resultados comparando la precisión del medidor con normas técnicas.
- Elaborar un informe técnico con el desarrollo, resultados y conclusiones del proyecto.

1.6 DELIMINACIONES Y LIMITACIONES

1.6.1 DELIMITACIONES

Este proyecto se llevará a cabo en la Agencia Comercial de Apizaco, Tlaxcala, en el marco de las residencias profesionales. La propuesta surge de la colaboración con los departamentos de medición y facturación de la CFE, quienes han identificado la necesidad de contar con herramientas más precisas para verificar el buen funcionamiento de los medidores eléctricos de baja tensión.

El trabajo se enfocará en el seguimiento de una ruta específica de facturación, donde suelen presentarse casos con posibles anomalías en el consumo registrado. A través de visitas, observaciones y el análisis de datos, se buscará confirmar si los medidores reflejan de manera confiable el consumo real de energía. Esto permitirá dar una mejor atención a los usuarios y, al mismo tiempo, reducir pérdidas por errores en la medición.

Como resultado de este análisis, se desarrollará un prototipo de carga artificial que simule condiciones de consumo eléctrico reales. Con este equipo será posible comparar el comportamiento de los medidores y detectar a tiempo cualquier desviación o alteración, garantizando lecturas más confiables.

El proyecto se llevará a cabo durante el periodo de las residencias, comprendido entre el 10 de febrero y el 10 de agosto de 2025. Para cumplir con los objetivos, las actividades se organizarán en varias etapas:

- Recolección de datos en campo y revisión de servicios con reportes de anomalías.
- Análisis de la información para identificar patrones o irregularidades.
- Diseño, construcción y prueba del prototipo de carga artificial.
- Elaboración de un informe final con los resultados y conclusiones obtenidas.

De esta manera, el proyecto queda claramente delimitado en cuanto a su lugar de ejecución, tiempo y alcance, siempre en estrecha colaboración con las áreas involucradas de la CFE.

1.6.2 LIMITACIONES

El presente proyecto se llevará a cabo únicamente en la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, lo que implica que los resultados obtenidos no podrán generalizarse a otras agencias o regiones de la CFE. Además, el alcance técnico del prototipo estará enfocado exclusivamente en medidores eléctricos de baja tensión, quedando fuera los de media y alta tensión. La construcción y validación del prototipo dependerán de los recursos materiales y del equipo disponible durante el periodo de residencia, así como del presupuesto asignado.

El tiempo de ejecución también constituye una limitación, ya que el desarrollo se realizará dentro del lapso establecido para las residencias profesionales, comprendido entre el 10 de febrero y el 11 de agosto de 2025, lo cual restringe la posibilidad de realizar pruebas más prolongadas o de implementar el prototipo a mayor escala. Asimismo, el proyecto depende en gran medida de la colaboración de los departamentos de medición y facturación de la CFE, quienes facilitarán datos y el acceso a servicios con anomalías; cualquier retraso en este apoyo podría afectar el avance. Finalmente, se debe considerar la existencia de factores externos que no son controlables, como variaciones en la red eléctrica, disponibilidad de personal técnico o imprevistos en la ejecución de pruebas, los cuales podrían influir en los resultados obtenidos.

1.7 JUSTIFICACION

De acuerdo con las estadísticas obtenidas a lo largo del periodo, se han identificado diversas irregularidades en algunos medidores eléctricos, lo cual genera desconfianza tanto en los usuarios como en las áreas operativas de la CFE, además de posibles pérdidas económicas por errores en el registro del consumo. Ante esta situación, el desarrollo de un prototipo de carga artificial permitirá contar con una herramienta confiable para verificar el correcto funcionamiento de los medidores, asegurando que los registros reflejen con precisión el consumo real de energía.

Este proyecto representa una oportunidad para aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, integrando principios de medición eléctrica, análisis de circuitos en corriente alterna y evaluación de eficiencia energética. Además, se busca fortalecer competencias en el diseño y construcción de sistemas eléctricos seguros, así como en la implementación de metodologías de prueba y validación de equipos.

Asimismo, el proyecto fomenta el apego a normativas nacionales e internacionales en materia de medición y eficiencia, tales como la **IEC 62052 y la IEC 62053**, que establecen los lineamientos para la exactitud y confiabilidad de los medidores. El diseño del prototipo también promueve el uso de metodologías de validación técnica y análisis experimental, lo que contribuye al desarrollo de prácticas más rigurosas en la evaluación de dispositivos en campo.

Finalmente, este trabajo no solo tiene un impacto académico, al reforzar la formación profesional de los estudiantes involucrados, sino también un impacto social y técnico, ya que mejora la calidad del servicio eléctrico brindado a los usuarios, fortalece la transparencia en el proceso de facturación y contribuye a la reducción de pérdidas técnicas y no técnicas dentro de la institución.

1.8 PROPUESTA DE SOLUCION

Propuesta de solución relacionada a la aplicación de Ingeniería y lógica basado en materias aprendidas durante la estancia en el tecnológico nacional campus Apizaco. Prototipo de desarrollo.

La idea surge de los trabajadores de campo que cuando realizan prueba y error de medidores de bajo consumo eléctrico bimestral, donde se mandan a verificar. El departamento de medición-Distribución, encargado de dar la tarea a los colaboradores de ir a campo, cada medidor en su mayoría pues que consuma más el cliente, pero cuando hay medidores que se les ha dado seguimiento en su registro de consumo eléctrico, donde el verificador prueba con 2 tipos de análisis los cuales se explicaran:

- Calibradores de carga artificial
  Estos optan por otorgar muy pocos equipos que se inyecta carga artificial a gran escala donde por medio de pulsos visibles se observa el led registre y calculas de forma instantánea el registro del medidor conforme a la carga instantánea proporcionada y verificas si el registro es adecuado, si a simple vista el led de consumo de 1watt es tardío e inconforme a el registro se da por hecho que el medidor esta manipulado internamente y se procede a realizar un ajuste de facturación.

- Carga en las terminales secundarias del medidor
  De cierta manera es la misma táctica que con un calibrador de carga artificial, pero en su defecto este es de un costo muy elevado donde solo existen en cada zona de CFE Distribución muy pocos equipos, donde los verificadores de esta zona ocupan una secadora de cabello que tiene un amperaje de 6 amp lo cual es de forma y rápida instantánea se verifica el consumo del medidor y constar que no está manipulado internamente.

AL percatar el funcionamiento de las dos formas de verificar el registro de los medidores se opta por utilizar ambas ideas solo con una condición "hacerlo más práctico y digitalizado empleando programación y a bajo costo para que en un futuro con más pruebas se pueda poner en práctica este proyecto.

Ante estas limitaciones, la propuesta consiste en diseñar y construir un prototipo de carga artificial controlado por Arduino, que integre lo mejor de ambos enfoques, pero optimizado en términos de portabilidad, digitalización y bajo costo.

El sistema contará con los siguientes elementos:

- Microcontrolador Arduino Uno/Mega, encargado de la programación, control de cargas y procesamiento de datos.
- Sensores de corriente y voltaje (ACS712, ZMPT101B, entre otros) para registrar los parámetros eléctricos en tiempo real.
- Circuito de carga, el cual se ocupará un transformador.
- Pantalla LCD I2C (20x4) para mostrar lecturas, mensajes de verificación y resultados instantáneos al usuario.
- Shield de expansión con clemas de tornillo (Screw Shield) para facilitar conexiones robustas en campo.

- Programación digital que permitirá estandarizar las pruebas, almacenar datos de consumo y ofrecer un análisis más preciso de la registración del medidor.

  Con este diseño, el prototipo permitirá validar la eficiencia y correcta operación de los medidores eléctricos sin necesidad de recurrir a equipos de alto costo o pruebas improvisadas. El sistema podrá ser empleado en campo de manera práctica por los verificadores, reduciendo costos de operación y garantizando una mayor fiabilidad en la detección de posibles manipulaciones internas de los medidores.

  En etapas futuras, el proyecto podrá evolucionar hacia la integración de almacenamiento de datos en memoria SD, comunicación inalámbrica (WiFi o LoRa) e incluso generar reportes automáticos, fortaleciendo así los procesos de medición y facturación de CFE.

1.8.1 IDEA GENERALIZADA Y DIAGRAMAS

El diseño planteado se basa en un sistema "base sobre base", donde el medidor monofásico tipo socket se instala en una base secundaria intermedia (prototipo) que a su vez se conecta a la base primaria de acometida de CFE.

La base primaria corresponde a la instalación eléctrica estándar de la compañía, encargada de recibir la acometida y distribuir la energía. Sobre esta se coloca la base secundaria (prototipo), que constituye una caja negra de diseño propio, equipada con:

- Terminales de entrada y salida, que permiten la continuidad de la energía hacia el medidor, manteniendo la instalación eléctrica sin modificaciones permanentes.
- Un lector óptico de LED, encargado de registrar los pulsos luminosos que emite el medidor al registrar consumo eléctrico, lo cual es esencial para verificar la precisión de la medición.
- Pantalla digital integrada, que mostrará en tiempo real la información obtenida (tiempo, pulsos registrados, consumo estimado, entre otros).
- Conexiones externas hacia sensores auxiliares, en caso de que se requiera ampliar las pruebas de consumo.

El medidor monofásico se coloca sobre esta base secundaria y trabaja en condiciones normales de operación. La diferencia radica en que el prototipo actúa como un intermediario inteligente, capaz de digitalizar la verificación de consumo mediante programación en Arduino y sensores de corriente y voltaje. En la ilustración 2 se observa el diseño.

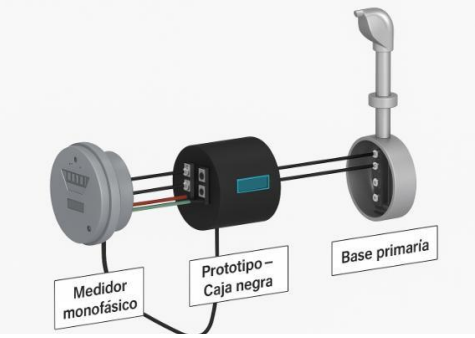


Ilustración 2 idea principal de prototipo

De este modo, el prototipo permitirá validar la eficiencia del medidor, detectar posibles manipulaciones internas y estandarizar las pruebas de campo que actualmente se realizan de manera manual y poco precisa.

1.9 PRESUPUESTO PLANTEADO

En seguida, se presenta la tabla 1, en la que se presenta el precio unitario y el precio total de cada uno de los componentes necesarios para la realización del prototipo, estableciendo al final un precio total de desarrollo.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO (MXN)	IMPORTE (MXN)
Arduino Uno	pz	1	$500.00 MXN	$500.00 MXN
Sensor de corriente ACS712	pz	2	$60.00 MXN	$120.00 MXN
Sensor de voltaje ZMP101B AC 0.250V	pz	2	$50.00 MXN	$100.00 MXN
Screw shield para Arduino	pz	1	$58.00 MXN	$58.00 MXN
Módulo regulador voltaje LM317 DCDC 20W	pz	2	$239.00 MXN	$478.00 MXN
Base de medidor monofásica 4×100	pz	1	$199.00 MXN	$199.00 MXN
Caimanes de contacto	pz	10	$4.00 MXN	$40.00 MXN
Módulo fotosensible de luz LDR Arduino	pz	2	$30.00 MXN	$60.00 MXN
Cables de protoboard	pz	20	$20.00 MXN	$400.00 MXN
Protoboard para pruebas	pz	1	$150.00 MXN	$150.00 MXN
Tornillos de fijación	pz	20	$3.00 MXN	$60.00 MXN
TOTAL				**$2,165.00 MXN**

Tabla 1 tabla de costos

Recordemos que se justifica que en dado caso de que el asesor externo y apoyados fueron removidos de su cargo a otras agencias ya sea comerciales de medición o distribución no se cuenta con el recurso suficiente para poder hacer la implementación del diseño 3D, el prototipo tenía un costo aproximado de plano y montaje en 3D de un aproximado de $10,000 MXN el cual se sale brutalmente del presupuesto inicial cada una de las partes para hacer el prototipo y los componentes que lleva el circuito electrónico fueron comprados por el estudiante para el proyecto de residencia.

1.10 ANALISIS COSTO-BENEFICIO DEL PROYECTO

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), como empresa suministradora de energía en México, enfrenta un reto constante: garantizar la confiabilidad de las mediciones en los medidores eléctricos de baja tensión. La facturación justa y transparente depende de que los equipos registren con precisión el consumo real de cada usuario. Sin embargo, en el campo se han identificado casos de medidores con anomalías, fallas o manipulaciones internas, lo cual afecta tanto a los clientes como a la propia institución.

Durante las residencias profesionales en la Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, se constató que actualmente la CFE utiliza equipos calibradores especializados que permiten inyectar carga artificial para verificar el desempeño de los medidores. Estos dispositivos cumplen con la normativa, pero presentan dos limitantes críticas:

- Disponibilidad limitada: en cada zona de distribución existe un número muy reducido de estos calibradores.
- Costo elevado: un calibrador puede costar desde cientos de miles hasta medio millón de pesos, lo que dificulta su adquisición masiva en campo.

Ante esta situación, el presente proyecto propone un prototipo de carga artificial de bajo costo, diseñado con placas de desarrollo Arduino, sensores de corriente y voltaje, un display LCD y una base monofásica adaptada a medidores estándar de CFE. El objetivo es brindar a los técnicos un equipo accesible que permita detectar irregularidades de manera rápida, económica y portátil.

La inversión requerida para construir el prototipo es significativamente baja en comparación con los calibradores comerciales de gran escala.

- El costo total estimado para el prototipo, de acuerdo con la lista de materiales adquirida, es de aproximadamente $2,165.00 MXN.
- En contraste, un equipo calibrador industrial utilizado por CFE puede alcanzar un valor de $500,000.00 MXN o más.

Esta diferencia refleja que el prototipo propuesto representa menos del 1% del costo de los equipos actuales de calibración, lo que abre la posibilidad de que sea implementado como una herramienta de apoyo masiva en campo, sin necesidad de grandes inversiones iniciales.

El beneficio principal radica en la accesibilidad y la eficiencia operativa:

- Bajo costo de implementación: cualquier área de medición podría contar con varios prototipos sin comprometer su presupuesto.
- Rapidez en la detección de anomalías: al utilizar sensores y programación, el prototipo compara el consumo registrado con un watt-hora de referencia, determinando si el medidor funciona correctamente o presenta alteraciones.
- Portabilidad y practicidad: el prototipo es ligero, compacto y puede ser transportado en campo, a diferencia de los equipos pesados de calibración.
- Reducción de pérdidas técnicas y no técnicas: al identificar medidores manipulados de forma más rápida, se evitan pérdidas económicas para la empresa.
- Mejora en la relación con el cliente: un proceso más transparente de verificación fortalece la confianza del usuario hacia CFE.

Aspecto	Calibrador comercial (CFE)	Prototipo propuesto
Costo de adquisición	$300,000 – $500,000 MXN	$2,165 MXN aprox.
Disponibilidad	Muy limitada (1–2 por zona)	Se pueden fabricar múltiples unidades
Portabilidad	Equipo pesado y especializado	Ligero, práctico y transportable
Tiempo de prueba	Minutos (requiere personal capacitado)	Minutos, uso simplificado con LCD
Objetivo	Calibración de alta precisión	Verificación rápida de anomalías
Beneficio	Cumplimiento estricto de normas internacionales	Apoyo accesible en campo, detección rápida y económica

Tabla 2 costo beneficio del proyecto

El proyecto no pretende sustituir a los calibradores industriales de CFE, los cuales son necesarios para la certificación formal de medidores. Sin embargo, sí ofrece un complemento estratégico: un prototipo de bajo costo que puede usarse como herramienta preliminar para identificar medidores sospechosos de anomalías.

En términos de costo-beneficio, el ahorro es evidente: con el presupuesto destinado a un solo calibrador comercial, CFE podría adquirir más de 200 prototipos, distribuyéndolos entre brigadas y cuadrillas de campo, lo que multiplicaría su capacidad de respuesta.

Más allá de lo económico, el proyecto también fortalece el vínculo académico-empresarial, al demostrar que con creatividad y conocimientos adquiridos en la formación profesional, es posible desarrollar soluciones útiles, económicas y escalables para problemas reales del sector eléctrico.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 MEDIDORES ELECTRONICOS MONOFASICOS

Para poder entender el sistema de un medidor electrónico digital se debe de tener los principios de su funcionamiento por ello por autorización del supervisor comercial de la agencia se podrá mostrar información de la misma empresa que otorga.

2.1.1 NORMAS QUE APLICAN

MEDIDORES ELECTRÓNICOS MONOFÁSICOS Y BIFÁSICOS CON CORTE Y RECONEXIÓN PARA SUMINISTROS EN BAJA TENSIÓN	**ESPECIFICACIÓN CFE GWH00-34**

NOM-001-CRE/SCFI-2019 Sistemas d e Medición de Energía Eléctrica-Medidores y Transformadores de Medida-Especificaciones Metrológicas, Métodos de Prueba y Procedimiento para la Evaluación de la Conformidad.

NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida.

NMX-D-122-1973 Determinación de las Propiedades de Resistencia a la Corrosión de Partes Metálicas con Recubrimientos, Empleadas en Vehículos Automotores – Método de Niebla Salina.

NMX-J-529-ANCE-2012 Grados de Protección Proporcionados por los Envolventes (código IP).

NMX-EC-17025-IMNC-2018 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.

NMX-Z-12-2-1987 Muestreo para la Inspección por Atributos - Parte 2: Métodos de Muestreo, Tablas y Gráficas.

IEC 60068-2-1-2007 Environmental Testing – Part 2-1: Test – test A: Cold.

IEC 60068-2-2-2007 Basic Environmental Testing Procedures – Part 2: test, test B: Dry Heat.

IEC 60068-2-5-2010 Environmental Testing – Part 2-5: Test- test Sa: Simulated Solar Radiation Testing.

IEC 60068-2-6-2007 Environmental Testing - Part 2-6 Tests - Test Fc: Vibration (Sinusoidal).

IEC 60068-2-27-2008 Environmental Testing - Part 2 Tests - Test Ea. and Guidance: Shock.

IEC 60068-2-30-2005 Environmental Testing - Part 2 -:30 Tests - Test Db: Damp heat, cyclic (12h + 12 h cycle).

IEC 60068-2-75-1997 Environmental Testing - Part 2-: Tests - Test Eh: Hammer test.

2.2 ALCANCE DEL SUMINISTRO

En esta sección se describen las características modulares del diseño, condiciones generales y particularidades que deben cubrir los medidores de energía eléctrica, con fines de lectura, para la facturación y monitoreo del suministro de energía eléctrica.

2.2.1 Medidor

Requerimientos mínimos:

a) La arquitectura de datos del medidor

- El medidor debe ser tipo "S" (socket) autocontenido, autoalimentado, con uno o dos elementos, con pantalla de cristal líquido, clase de exactitud 0.5. El fabricante puede presentar un medidor con clase de mayor exactitud, sin embargo, las pruebas se deben llevar a cabo con los parámetros para medidores clase 0.5 descritos en esta especificación.

- La carátula de la placa de datos debe ser autorizada por el área usuaria, antes de la entrega de los medidores.

- La pantalla del medidor debe cumplir con los siguientes requisitos:

· Contar con al menos 6 dígitos.

· Debe ser de cristal líquido.

· Debe mostrar los dígitos totalmente descubiertos y permitir su lectura completa sin interferencia visual de cualquier otro componente del medidor.

· La altura mínima de los dígitos de la pantalla (Pantalla) debe ser de 7.62 mm, con un ángulo visual vertical y horizontal de ± 15° y ± 10° respectivamente, desde el centro de esta. La condición de visualizar la pantalla hasta una distancia de 2 m al exterior y con luz de día.

· Los parámetros mostrados deben ser presentados con el prefijo k de kilo para energía y unidades para valores instantáneos y deben ser programables para seleccionar el número de dígitos que se requieran después del punto decimal. Esta configuración debe aplicar también para los registros de memoria de las variables de medición.

· Los parámetros que se deben mostrar de forma predeterminada en la pantalla de los medidores clase 100 se especifican en el Apéndice C.

- Cubierta de policarbonato o acrílico. Está cubierta debe ser transparente al menos en el área de la placa de datos y de la pantalla y su material de construcción debe contar con elementos que lo protejan para evitar que tanto los rayos ultravioletas como las condiciones ambientales a las que está sujeto el medidor lo degraden y pierda la transparencia durante su vida útil impidiendo la lectura de la pantalla. La cubierta debe ser diseñada para tener una garantía de vida útil mínima de 15 años sin deterioro a la visibilidad de la pantalla.

En caso de deterioro durante la vida útil por la causa descrita en el párrafo anterior, el fabricante debe reponer las cubiertas sin costo para la CFE.

b) Cuando la energía se restablezca, el medidor debe ser capaz de volver a operar

c) normalmente, por sí solo, en un tiempo no mayor de diez segundos.

d) Niveles de tensión programables independientes para la apertura o cierre de relevadores.

e) Capacidad de dar acceso los niveles de seguridad siguientes tanto con computadora como con un medio portátil:

- Nivel 1 (acceso total y actualización de firmware)

- Nivel 2 (lectura, corte y reconexión).

f) Capacidad de registrar energías en forma bidireccional, configurable por puerto óptico o puerto de escalamiento.

g) La temperatura de operación es de acuerdo al punto 7 inciso a, de esta especificación.

h) La placa de datos debe contener la información indicada en el punto 11.1 y cumplir con el apéndice A de esta especificación.

i) Corriente de prueba de 15 A.

j) Corriente máxima o de clase de 100 A.

k) Tensión es de acuerdo al punto 7 de esta especificación.

l) La Frecuencia es de acuerdo al punto 7 de esta especificación.

m) Para medidores con valores fijos de operación, la tensión de aguante en condición anormal de operación debe ser de 1.9 veces la tensión nominal.

n) El medidor debe tener instalado un sello de plástico tipo inserto, integrado de un cable trenzado de acero inoxidable sin forro en el cuerpo del sello. Se debe marcar con un número de serie con caracteres alfanuméricos proporcionados por CFE, conforme a lo establecido en el Apéndice A punto A.1, de esta especificación. El sello debe tener también un código de barras conforme a lo establecido en el Apéndice A punto A.1.

o) Debe contar con un diodo emisor de luz ("LED") infrarrojo para realizar la prueba de exactitud (calibración) de la variable de energía (Wh), cuya frecuencia del pulso de luz este en función de prueba, para la prueba de calibración de reactivos (varh), el diodo debe ser configurable para esta variable o tener otro diodo dedicado.

p) Las terminales de inserción para conexión entre el medidor y la base del medidor deben ser capaces de soportar los esfuerzos eléctricos, mecánicos y térmicos debidos a corrientes de corto circuito sin ningún tipo de daño.

2.2.2 Condiciones del software propietario para la gestión, control y configuración del medidor.

Debe incluirse sin costo adicional el software propietario para la configuración y lectura de los medidores:

a) Operar en una computadora personal compatible bajo sistema operativo Windows versión 7 y superior.

b) Proporcionar el formato de los archivos que contengan las bases de datos creadas por el sistema a nivel PC.

c) Programar y leer parámetros de operación de acuerdo con el medidor mediante terminal manual y computadora personal dando acceso de forma selectiva de acuerdo con los niveles de seguridad programables.

d) Debe contener un conjunto de instrucciones de lectura y programación (software) en un módulo compatible con una computadora personal y/o una terminal portátil y residir en ella para su operación en campo, compatible con sistemas operativos Windows Mobile 6.0 o superior y Android.

e) Programación en sitio del medidor, pruebas de exactitud y funcionales.

f) Incluir las actualizaciones posteriores.

g) Cuando el área usuaria lo considere conveniente, podrá solicitarse en características particulares, requerimientos de ciberseguridad adicionales a los establecidos en esta especificación.

h) Configuración de alarmas en display y led visible.

2.2.2.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN

a) La temperatura de operación es de -20°C a 70°C.

b) La tensión de operación debe ser de 120 V ± 20 %.

c) La frecuencia debe ser de 60 Hz ± 5 %.

2.2.3 CONTROL DE CALIDAD

El fabricante debe solicitar la evaluación de su diseño mediante pruebas prototipo, y realizar las pruebas de rutina de sus suministros, siendo responsabilidad del LAPEM verificar lo anterior.

Los medidores deben de cumplir las pruebas de prototipo establecidas en las normas IEC 62052-11 e IEC 62053-22, aplicando sus criterios y los procedimientos generales de prueba y ajustándose a los valores de referencia y tolerancias indicadas en las tablas de esta especificación.

De acuerdo con el fabricante se elige uno de los siguientes tamaños de muestra y criterios de aceptación, tomados de un lote de fabricación mayor de 50 medidores:

a) De 3 a 5 medidores deben ser sujetos a todas las pruebas y cumplir con todos los valores especificados en las mismas.

b) Para 9 medidores (3 grupos de 3), el total de las pruebas debe ser cubierto por los tres grupos y deben cumplir con todos los valores especificados en las mismas. Grupo 1 cumplir con los capítulos 10.2.1, 10.2.2, 10.2.3. Grupo 2 y 3 en combinación con los subcapítulos 10.2.4, 10.2.5 y 10.2.6

c) Para 12 medidores (4 grupos de 3) igual al inciso b), sin embargo, el grupo 4 debe ser para las pruebas de Intemperísmo y rocío salino, y cumplir con todos los valores especificados en las mismas.

2.2.3.1 Pruebas Funcionales

Antes de las pruebas prototipo, los medidores deben someterse a pruebas funcionales que permitan evaluar su desempeño y su software, así como los protocolos de transmisión de datos y control. Deben considerar la evaluación de todas las funciones

del medidor además de las pruebas que aseguren la operación correcta de los componentes o subensambles funcionales del equipo como el visualizador de lecturas; el funcionamiento de los eventos; la transmisión/recepción de comandos a través del software y el mecanismo de desconexión/reconexión de los servicios, entre otros.

Estas pruebas funcionales del sistema deben ser realizadas en conjunto por el área usuaria, el LAPEM y el fabricante y/o su representante, de acuerdo con el apéndice E.

Dentro del paquete de planos se debe incluir un plano donde se especifique las dimensiones de la pantalla y sus respectivos segmentos.

Antes de iniciar las pruebas de prototipo, el fabricante o su representante deben contar con los planos aprobados por el área usuaria misma que debe incluir en sus apartados el diseño de la placa de datos de los medidores.

Los planos deben incluir las dimensiones para las tarjetas de escalamiento.

2.2.3.2 Pruebas Prototipo

El medidor debe ser estabilizado mínimo una hora a temperatura ambiente del Laboratorio de acuerdo con la tabla 2 antes de realizar las pruebas y estar colocado sobre una mesa de prueba firme y libre de vibración. Todas las pruebas de corriente alternan deben ser realizadas con las Condiciones de prueba indicadas en la tabla 2.

Las pruebas deben realizarse a grupos de tres medidores de acuerdo con el procedimiento del LAPEM.

2.2.3.3 Pruebas dieléctricas

Pruebas de impulso al medidor

La prueba se debe efectuar de acuerdo con la norma IEC 62052-11, bajo las siguientes condiciones:

- **a)** El medidor en condiciones de no operación.
- **b)** El valor pico debe ser de 6 kV.
- **c)** 10 impulsos positivos y 10 impulsos negativos.
- **d)** Tiempo mínimo entre impulsos 3 s.
- **e)** Después de las pruebas de impulso, el medidor no debe presentar daños ni cambios en la información, debe de operar correctamente y cumplir con la exactitud.

La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 62053-22, bajo las siguientes condiciones:

- **a)** El medidor en condiciones de operación.

b) El medidor se energiza con Vn, FP unitario y un valor de corriente
c) El medidor debe empezar a integrar pulsos o kWh en pantalla.

Esta prueba se efectúa con un valor de Ke adecuado para integrar un mínimo de 1 pulso y su equivalente en kWh en pantalla.

2.2.3.4 Prueba de exactitud en presencia de armónicas

La prueba debe ser ejecutada de acuerdo con la norma IEC 62053-22, bajo las siguientes condiciones:

a) Corriente fundamental I1 = 0.5 Imáx.

b) Tensión fundamental V1=Vn.

c) Factor de potencia= 1.

d) Contenido de 5ª armónica en tensión V5 = 10 % Vn.

e) Contenido de 5ª armónica en corriente I5 = 40 % de la corriente fundamental.

f) Armónica factor de potencia 1.0.

g) La fundamental y armónica de tensión deben estar en fase cruzando de positivo a cero.

h) Resultando armónica de potencia de la 5ª armónica P5=0.1 V1 x 0.4 I1=0.04 P1 o total de potencia activa = 1.04 P1 (fundamental + armónicas).

2.2.3.5 Micro interrupciones

Se debe de comprobar por medio de software propietario que el medidor no debe grabar un cambio de registro de más de X* unidades y la salida de pulsos no debe producir una señal a más de X* unidades:

* Donde $X = (10^{-6})\ (m)\ (Vn)\ (Imáx)$

m- Es el número de elementos del medidor.

Vn -Es la tensión nominal del medidor.

Imáx Es la corriente máxima del medidor.

El medidor debe tener una resolución de 0.01 unidades. La prueba debe realizarse bajo las siguientes condiciones:

Los circuitos de tensión de alimentación y auxiliar con su tensión de referencia. Los circuitos de corriente des energizados.

a) El equipo en condiciones de operación.

Interrupción de tensión en 100 % Vn:

- Tiempo de interrupción igual a un segundo.
- Total, de interrupciones: 3.
- Tiempo de restablecimiento de 50 ms entre interrupciones.

b) El equipo en condiciones de operación.

Interrupción de tensión en 100 % Vn

- Tiempo de interrupción igual a 16.67 ms.
- Total, de interrupción 1.

c) El equipo en condiciones de operación.

Interrupción de tensión en 50 % Vn.

- Tiempo de interrupción igual a un minuto.

2.3 PRUEBAS DE INFLUENCIA DE SOBRECORRIENTE DE CORTO TIEMPO

La prueba debe ser realizada de acuerdo con la norma IEC 62053-22.

El medidor debe estar habilitado para soportar en 0.1 s una corriente igual a 7 000 A de acuerdo al método de prueba de la IEC 62053-22.

La prueba se debe realizar fase por fase, después de una hora de energizado el medidor a tensión nominal, el error a corriente y tensión nominal y factor de potencia unitaria no debe de exceder de 0.05 % del error que se tenía antes de la prueba (cumplir con la exactitud de la tabla 17).

Al final de prueba, el medidor no debe presentar daños, debe operar correctamente, sin pérdida de información y el error no debe exceder los límites indicados en la tabla 1A.

TABLA 3- Prueba de tensión de aguante en condición anormal-Límites de tolerancia en el error

Tensión de prueba	**Corriente de prueba**	**Factor de potencia**	**Límites de variación en % de error**
			Clase 0.5 0.3
Tensión nom	Inom	1.0	

La prueba debe ser realizada de acuerdo con IEC 62052-11 e IEC 61000-4-2 bajo las siguientes condiciones:

a) El medidor en condiciones de operación:

- Los circuitos de tensión y auxiliares, energizados con tensión de referencia.
- Las terminales de corriente abiertas.

b) Descarga en contacto:

- Tensión de prueba: 8 kV.
- Número de descargas: 10 (en cada polaridad).

Si la descarga en contacto no es posible por no tener partes metálicas en la parte exterior, entonces se aplican 15 kV en descarga en aire.

La aplicación de la prueba no debe producir cambios en el registro de más de X* unidades y la salida de pulsos no debe producir una señal a más de X* unidades:

* Donde $X = (10^{-6})\ (m)\ (Vn)\ (Imáx)$

M Es el número de elementos del medidor.
Vn Es la tensión nominal del medidor.
Imáx Es la corriente máxima del medidor.

El medidor debe tener una resolución de 0.01 unidades.

2.3.1 Inmunidad al impulso

La prueba debe ser realizada de acuerdo con IEC 62052-11 e IEC 61000-4-5.

- **a)** El equipo en condiciones de operación
- **b)** El equipo en condiciones de operación.
- **c)** Los circuitos de tensión y auxiliares, energizados con tensión de referencia.
- **d)** Las terminales de corriente abiertas.
- **e)** Tensión de prueba 4 kV para circuitos de tensión y corriente.
- **f)** Tensión de prueba 1 kV para circuitos auxiliares con tensión de 40 V.
- **g)** Número de impulsos 5 positivos y 5 negativos.
- **h)** La aplicación de la prueba no debe producir cambios en el registro de más de X* unidades y la salida de pulsos no debe producir una señal a más de X* unidades:

2.3.1.1 Pruebas de protección contra penetración de polvo y agua

La prueba debe ser realizada de acuerdo con las normas IEC 62052-31 y NMX-J-529-ANCE. Los medidores deben cumplir con IP54.

2.3.1.2 Prueba de resistencia al calor y fuego

La prueba debe ser realizada de acuerdo con las normas IEC 62052-11 e IEC 60695-2-11, con las siguientes temperaturas:

- **a)** En la base 960 °C ± 15 °C.
- **b)** En la cubierta

2.3.1.3 Prueba a dispositivo de conexión y desconexión

La prueba se debe realizar bajo las siguientes condiciones:

a) El medidor en posición normal de operación conectado a una carga resistiva de 12 kW +/- 5%.

b) Circuitos de tensión a tensión nominal.

c) Circuitos de corriente con corriente de 100 A.

d) Por puerto óptico, realizar 10 000 operaciones de apertura y 10 000 operaciones de cierre del dispositivo de conexión y desconexión; se debe presentar evidencia documental de esta prueba.

El dispositivo de conexión y desconexión no debe presentar arco eléctrico que pueda dañar a él mismo, a los dispositivos adyacentes o al propio medidor.

2.4 VERIFICACIÓN DE MEDIDORES EN CAMPO

La determinación del porcentaje promedio de registración involucra tanto las características del medidor como la carga y el medio ambiente bajo el cual se efectúa la prueba.

El registro de los medidores en el campo está sujeta a una serie de condiciones adversas del ambiente que no pueden ser controladas y por ello no se pueden considerar las mismas tolerancias que se establecen para pruebas en el laboratorio.

Entre otras, las fuentes de incertidumbre que afectan el registro se tienen las siguientes: Vibración, factor de distorsión de la onda senoidal (armónicas), temperatura ambiente, diferencias en la amplitud de la tensión aplicada con respecto al voltaje nominal, variación de la frecuencia, inclinación del medidor bajo prueba , influencia de campos magnéticos externos, interferencia por radiofrecuencias y humedad relativa.

2.4.1 Procedimiento

El método a utilizar para la verificación del medidor es la comparación contra el registro de un medidor patrón.

a) Determinar el por ciento de error del medidor en carga alta, duración mínima de la prueba de 3 min.

b) Determinar el por ciento de error del medidor en carga baja, duración mínima de la prueba de 3 min.

c) Determinar el por ciento de error del medidor en carga inductiva, duración mínima de la prueba de 3 min.

d) Determinar el porcentaje promedio de error de acuerdo con el método indicado en la expresión siguiente:

$$\%ER_{prom} = \frac{4 \cdot \%ER_{CA} + 2 \cdot \%ER_{CB} + \%ER_{CI}}{7}$$

Ecuación 1

$\%ER_{prom}$= Porciento de error relativo promedio.

$\%ER_{CA}$= Porciento error relativo carga alta.

$\%ER_{CB}$= Porciento error relativo carga baja.

$\%ER_{CI}$= Porciento error relativo carga inductiva.

2.4.2 Placa de Datos

La placa de datos de los medidores debe contener en forma indeleble y visible desde el exterior lo siguiente, de acuerdo con lo indicado por el área usuaria:

a) Comisión Federal de Electricidad o las siglas "CFE".

b) La palabra "medidor de" seguido de las siglas kWh, kW,kvarh, según corresponda a las funcionalidades del medidor.

c) Corriente nominal.

d) Designación de la clase (corriente máxima).

e) Número de fases.

f) Número de hilos o conductores.

g) Números de elementos.

h) Circuito de medición.

i) Tensión nominal.

j) Frecuencia (Hz).

k) Forma del medidor.

l) Clase de exactitud.

m) Constante del medidor (Kh o Ke).

n) Nombre o marca registrada del fabricante.

o) Modelo.

p) Unidades de medición del medidor.

q) Leyenda del país de origen.

r) Número de medidor asignado por CFE.

s) Código de medidor asignado por CFE.

t) Código de lote que asigne el área usuaria.

u) Código de barras que contenga la información indicada en el Apéndice A correspondiente al número de medidor, código de medidor y código de lote.

v) Indicación de funciones complementarias:

- Dispositivo de desconexión.

2.5 CUBIERTA DE SUPERFICIE QUE SE PROYECTAN DENTRO DE LA BASE ENCHUFE PARA MEDIDORES DE 4 A 5 TERMINALES

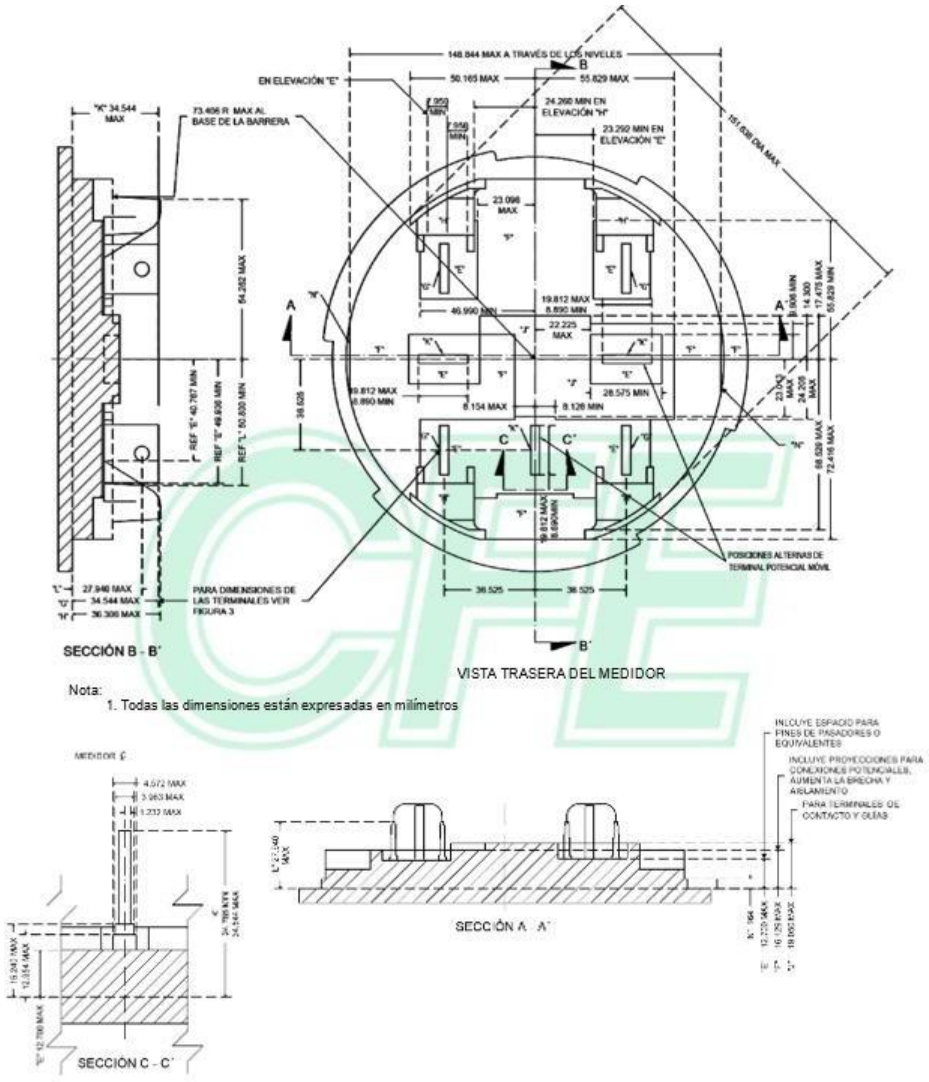


Ilustración 3 plano de medidor digital

NOTAS:

- La simetría tiene que ser supuesta en dimensiones desde las líneas centrales a menos que se especifique otra.
- Para medidores de 5 terminales para uso en base enchufe de 7 terminales véase figura 2.
- Para esta especificación se utilizan medidores de 4 y 5 terminales.
- Las acotaciones están expresadas en milímetros.

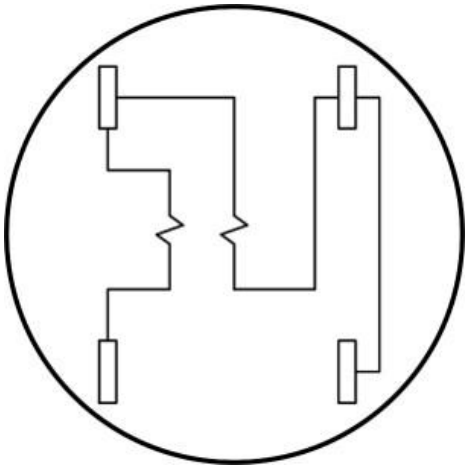


Ilustración 4 conexión interna de medidor

2.2 ARDUINO

La placa Arduino Uno, contiene todo lo necesario para trabajar con el microcontrolador; para empezar a trabajar con él, simplemente conéctelo a un ordenador con un cable USB o puedes alimentarlo con una fuente de alimentación de CA/CC o una batería.

El nombre «Uno» fue elegido para marcar el lanzamiento de **Arduino IDE 1.0**. La placa Arduino Uno y la versión 1.0 del IDE de Arduino eran versiones de referencia de la Arduino y ahora han evolucionado a nuevas versiones. La placa Arduino Uno fue la primera de la serie USB de Arduino y el modelo de referencia para la plataforma Arduino. [Electricos, C. (2020, febrero 14)]



Ilustración 5 Arduino

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límite)	6-20 V
Pines de E/S digitales	14 (6 de las cuales pueden ser usadas como salidas PWM)
Pines de entrada analógica	6
Corriente continua a través de los terminales de entrada/salida	20 mA
Corriente continua a través de la salida 3,3 V por pin	50 mA
Memoria flash	32 Kbytes, de los cuales 0,5 Kbytes son usados por el cargador
SRAM	2 Kbyte
EEPROM, memoria no volátil	1 Kbyte
Frecuencia de reloj	16 MHz
LED incorporado	13
Longitud	68,6 mm
Anchura	53.4 mm

Ilustración 6 características y especificación del Arduino

2.2.1 ALIMENTACIÓN DE LA ARDUINO UNO

La placa Arduino Uno, puede ser alimentada a través de una conexión USB o desde una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

La alimentación externa (no USB) puede ser suministrada desde un adaptador AC/DC o desde una batería. El adaptador puede conectarse mediante un conector de alimentación de 2,1 mm con un contacto positivo en el centro. La energía de la batería puede suministrarse a los pines Vin y GND del conector de alimentación.

La placa puede funcionar con energía externa de 6 a 20 voltios. Si la fuente de alimentación es inferior a 7 voltios, la salida de 5 voltios puede ser inferior a 5 voltios y la placa puede volverse inestable. Si la fuente de alimentación es superior a 12V, el regulador de voltaje puede sobrecalentarse y dañar la placa.

Recomendamos utilizar una fuente de alimentación de entre 7 y 12 voltios.

Los pines de alimentación son:

Vin: La entrada de alimentación de la tarjeta cuando se utiliza una fuente de alimentación externa (se utiliza cuando no se dispone de 5 voltios de conexión USB u otra fuente de alimentación regulada). Puede suministrar energía a través de esta salida, o si el voltaje de la fuente de alimentación se suministra a través del conector de alimentación, este voltaje de 5 voltios estará disponible en esta salida también.

5V: Puede tomar el voltaje ajustable de 5V de esta clavija de la salida del regulador en la placa. La placa puede ser alimentada a través del conector de alimentación (7-12V), el conector USB (5V) o la salida Vin de la placa (7-12V). El suministro de voltaje a través de los pines de 5V y 3.3V evita el regulador y puede dañar la placa. Por lo tanto, no se recomienda alimentar la placa a través de estos pines.

3V3: La alimentación de 3,3V proporcionada por el regulador a la placa. La corriente máxima es de 50 mA.

GND: Salidas de la tierra.

IOREF: Esta salida proporciona el voltaje de referencia con el que opera el microcontrolador. Una tarjeta de expansión correctamente configurada puede leer el voltaje en la salida IOREF y seleccionar una fuente de alimentación apropiada o transferir los buffers de salida para que funcionen con 5V o 3,3V. [Electricos, C. (2020, febrero 14)]

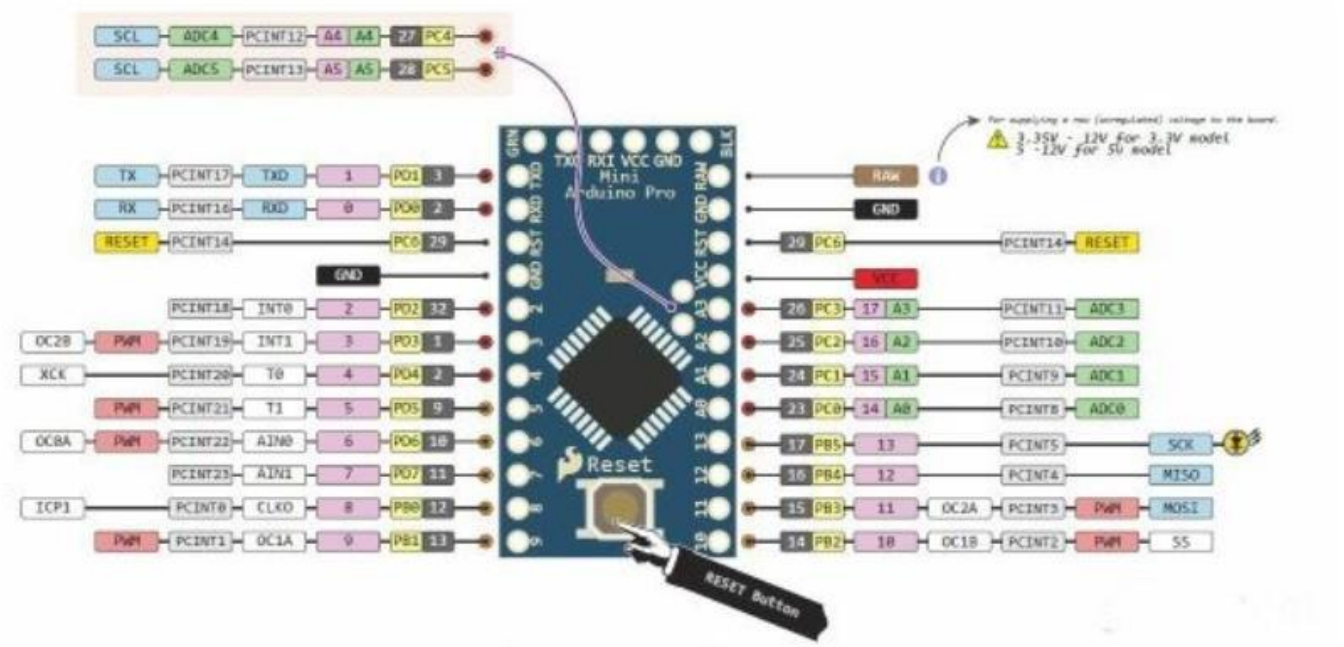


Ilustración 7 salidas del Arduino en pines de configuración

2.2.2 memoria del Arduino

El **ATmega328,** posee 32 kilobytes de memoria flash para almacenar el código del programa (de los cuales 0,5 kilobytes son utilizados por el cargador), 2 kilobytes de SRAM y 1 kilobyte de **EEPROM** (que pueden ser leídos y escritos usando la biblioteca de EEPROM).

Arduino Uno tiene un fusible autorreparable que protege los puertos USB de su ordenador de cortocircuitos y sobre corrientes. Aunque la mayoría de los ordenadores proporcionan su propia protección interna, este fusible proporciona un nivel de protección adicional. Si la corriente que pasa por el puerto USB supera los 500mA, el fusible romperá automáticamente la conexión hasta que se elimine el cortocircuito o la sobrecarga.

2.2.3 entradas y salidas del arduino

Cada una de las 14 salidas digitales de Arduino Uno, puede ser usada como entrada y salida usando las funciones pinMode(), digitalWrite() y digitalRead. Funcionan con un voltaje de 5 voltios.

Cada salida puede llevar una corriente de 20 mA (recomendada) y tiene una resistencia de pull-up interna (desactivada por defecto) de 20-50 kOhm. La corriente no debe exceder el valor máximo de 40mA para evitar daños al microcontrolador.

Algunos pines también tienen funciones especiales:

Serial: pines (RX) y 1 (TX). Las salidas se utilizan para recibir (RX) y transmitir (TX) datos en serie con niveles TTL. Los pines 0 y 1 también se conectan a las salidas correspondientes del convertidor USB-TTL en ATmega8U2

Interrupciones externas: pines 2 y 3. Estos pines pueden ser configurados para disparar una interrupción en el frente o en la caída de pulso o para cambiar el nivel en la salida.

PWM: 3, 5, 6, 9, 10 y 11. Proporcione una salida PWM de 8 bits utilizando la función analogWrite()

SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Estas salidas se comunican vía SPI con la biblioteca correspondiente;

LED: pin 13. El LED incorporado está conectado a la salida digital 13. El LED se enciende cuando la salida es alta, el LED se apaga cuando la salida es baja;

TWI: Salida A4 o SDA y salida A5 o SCL. Soporta la comunicación vía TWI usando la biblioteca de cables.

Arduino Uno tiene 6 entradas analógicas marcadas de A0 a A5, cada una de las cuales proporciona una resolución de 10 bits (es decir, 1024 valores diferentes). Por defecto miden de 0 a 5 voltios, aunque se puede cambiar el límite superior de su rango usando la salida AREF y la función analogReference().

También hay un par de pines más en el tablero:

AREF: Voltaje de referencia para las entradas analógicas. Se utiliza junto con analogReference();

Reset: Un nivel bajo en este pin lleva a un reinicio del microcontrolador. Típicamente se usa para añadir un botón de reinicio a una tarjeta de expansión que cierra el acceso al botón de reinicio en la propia tarjeta Arduino.

[Electricos, C. (2020, febrero 14)]

2.2.4 programación de Arduino

Arduino Uno está programado con el IDE de Arduino. Seleccione «Arduino/Genuino Uno» en el menú Herramientas → Placa (según el microcontrolador de su placa).

El ATmega328 de Arduino Uno viene con un cargador de arranque ya flasheado, que le permite cargar un nuevo código en el controlador sin necesidad de utilizar ningún programador adicional.

También puede derivar el cargador y descargar el microcontrolador a través del conector ICSP usando un ICSP de Arduino o un analógico.

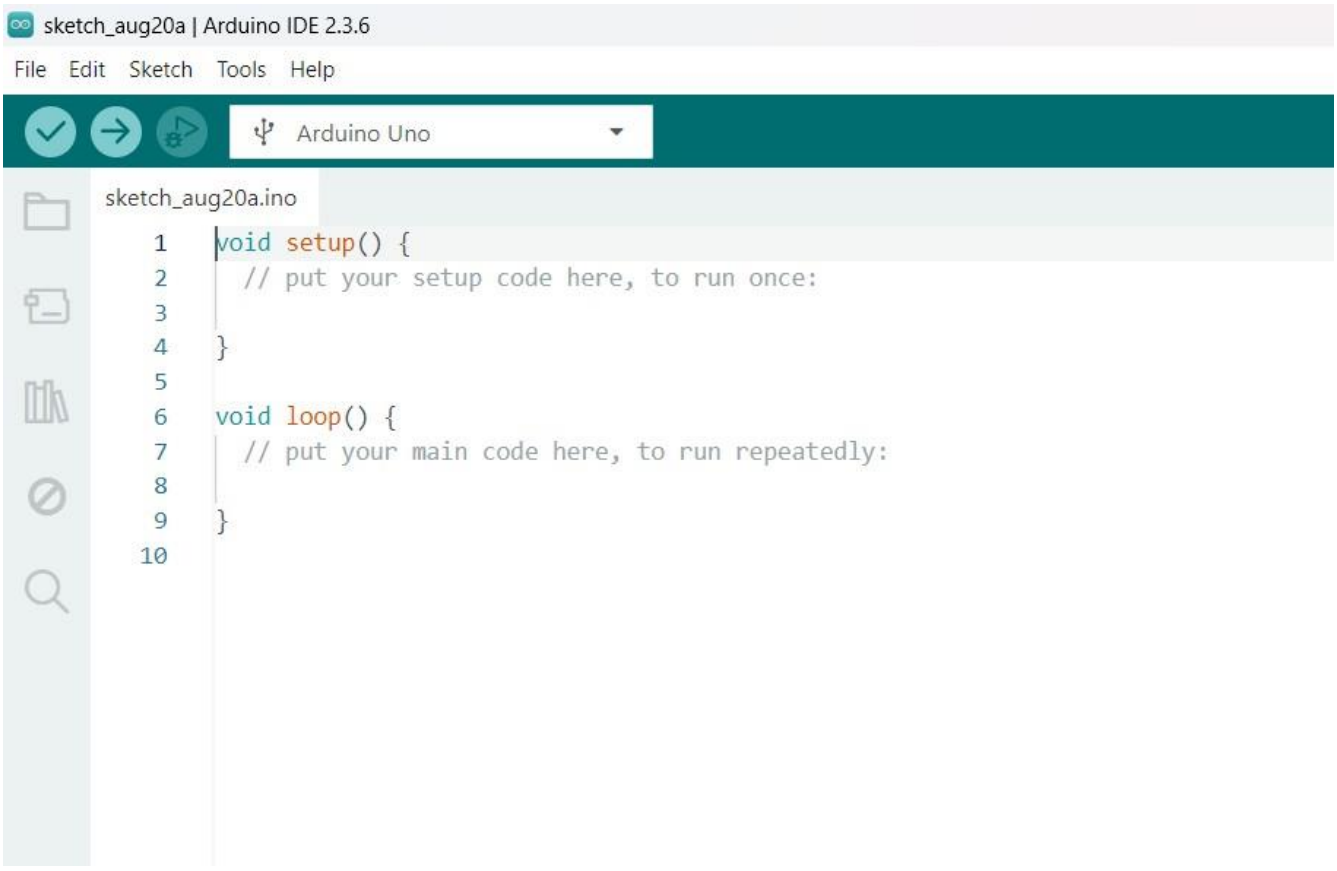


Ilustración 8 programación inicial de Arduino

2.2.5 comunicación del Arduino

La placa Arduino Uno, tiene varias posibilidades de comunicación con una computadora, con otra placa Arduino o con otros microcontroladores. El ATmega328 proporciona un puerto UART de hardware para la comunicación en serie con niveles TTL (5 voltios), que está disponible en las salidas digitales 0 (RX) y 1 (TX).

El ATmega16U2 de la placa conecta uno de estos puertos UART a USB y proporciona un puerto COM virtual para la comunicación con el software de su ordenador. El IDE de Arduino incluye un monitor de puerto serie que le permite enviar y recibir datos de texto simple de la placa.

Los LEDs RX y TX de la placa se encienden cuando se transmiten datos a través del chip ATmega8U2/ATmega16U2 y la conexión USB (pero no cuando se transmiten datos a través de los pines 0 y 1 del puerto serie).

La biblioteca SoftwareSerial permite la comunicación en serie a través de los pines digitales de Arduino Uno.

Arduino Uno también soporta la comunicación a través de I2C (TWI) y SPI. El IDE de Arduino incluye una biblioteca Wire para simplificar el uso del bus I2C. La biblioteca SPI se utiliza para la comunicación a través de SPI.

2.3 SENSOR DE CORRIENTE ACS712

El sensor de corriente ACS712 es una solución económica para medir corriente, internamente trabaja con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético que se produce por inducción de la corriente que circula por la línea que se está midiendo. EL sensor nos entrega una salida de voltaje proporcional a la corriente, dependiendo la aplicación podemos usar el ACS712-05A, ACS712-20A o el ACS712-30A, para rangos de 5, 20 o 30 amperios respectivamente

El ACS712 podemos encontrarlo en módulos, los cuales nos facilitan sus conexión, traen una bornera para conectar la línea que queremos medir y 3 pines, dos para conectar la alimentación y un pin para la salida analógica.[Salvador, I. M. (2020, abril 9).]



Ilustración 9 imagen representativa de sensor con arduino

El rango de corriente que podemos medir y sensibilidad varían dependiendo del modelo del integrado, existen tres modelos los cuales detallamos a continuación:

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

Tabla 2 tabla de rangos de sensor

El sensor nos entrega 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 seria la siguiente

$$V = m\,I + 2.5$$

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:

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

2.3.1 APLICACIONES

Sus principales aplicaciones pueden ser para control de motores, control de intensidad de carga, en fuentes de alimentación reguladas, circuitos para aumentar el rendimiento y protección contra picos de voltaje.

ACS712 se utiliza en muchas aplicaciones industriales, comerciales y de comunicación. Este es aplicable para automóviles. Algunas de las aplicaciones típicas de este se pueden encontrar en circuitos de control de motores, para detección y gestión de carga y en circuitos de protección contra fallas de sobre corriente. .[Salvador, I. M. (2020, abril 9).]



Ilustración 10 tabla de sensor de corriente

2.3.2 APLICACIONES

- Salida análoga de 100mV/A
- Sensibilidad: 66 mV/A
- Resistencia interna: 1.2 mO
- Modelo: ACS712ELCTR-30A-T
- Rango: -30 a 30 A
- Indicador LED
- Mínimo voltaje de aislamiento entre pines 1-4 a pines 5-8: 2.1 kVRM.[Salvador, I. M. (2020, abril 9).]

A continuación, se muestra el código para un realizar la lectura de corriente:

```
1.  float Sensibilidad=0.185; //sensibilidad en Voltios/Amperio para sensor de 5A
2.
3.  void setup() {
4.
5.    Serial.begin(9600);
6.  }
7.
8.  void loop() {
9.
10.   float voltajeSensor= analogRead(A0)*(5.0 / 1023.0); //lectura del sensor
11.   float I=(voltajeSensor-2.5)/Sensibilidad; //Ecuación  para obtener la corriente
12.   Serial.print("Corriente: ");
13.   Serial.println(I,3);
14.   delay(200);
15. }
```

Ilustración 11 ecuacion en aurduino para el sensor

2.4 SENSOR DE VOLTAJE ZMP101B AC 0-250V ARDUINO

El Sensor De Voltaje AC es un módulo utilizado para medir la tensión de fase de Corriente Alterna. El sensor de voltaje AC está diseñado a partir de un transformador, por lo que se puede utilizar para medir el voltaje de Corriente Alterna.

Es ideal para aplicaciones de monitoreo de energía eléctrica, muy común en aplicaciones de domótica e IoT (Internet of Things) como: Medidores de energía conectados a internet por Wifi/Bluetooth/GSM/LoRa. Debido a la naturaleza de los transformadores solo puede medir voltaje AC. El módulo ZMPT101B soluciona el problema reduciendo el voltaje AC de entrada a un voltaje AC de amplitud menor que pueda ser leído por el Arduino o cualquier otro microcontrolador. Se recomienda calibrar la salida con un voltímetro *ANTES* de conectar cualquier dispositivo a la salida.[Voltaje AC 2mA. (s/f). UNIT Electronics.]

2.4.1 ESPECIFICACIONES Y CARACTERISTICAS

- Voltaje
    - De alimentación: 5V – 30V DC
    - Alterno de entrada máx: 250V AC
    - Alterno de salida máx.: 5V AC
- Señal de Salida: Analógica Senoidal
- Dimensiones: 51.7 mm x 21.6 mm

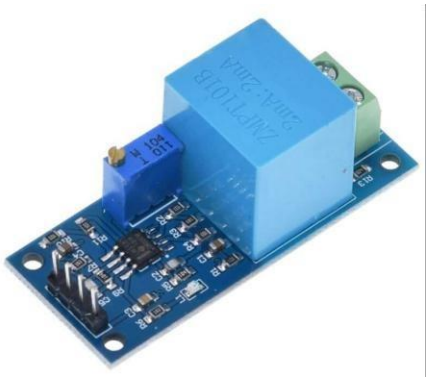


Ilustración 12 sensor de voltaje

Transformador

- Modelo del producto: ZMPT101B
- Corriente nominal de entrada y salida: 2mA
- Ratio entrada-salida 1000:1000
- Voltaje de suministro: 5 VCD
- Diferencia de fase: <30º (a 50ohm)
- Rango lineal: 0-3mA (a 50ohm)
- Linealidad: 1%
- Precisión: 0.2%
- Aislamiento eléctrico entrada: hasta 3000V

2.4.2 INFORMACIÓN ADICIONAL

Recomendaciones antes de usar este sensor

- Es recomendable identificar la fase y neutro del circuito AC que vas a medir. Para ello te recomendamos probar con una punta de tu voltímetro en una de las terminales a medir, y con la otra en tus dedos, en la terminal donde el voltímetro marque mayor voltaje es la terminal de fase.
- La amplitud de la salida de voltaje se regula mediante el potenciómetro en el sensor dando un máximo de 5V, de modo que es importante realizar esta calibración utilizando otro instrumento de medición.

Conexión básica del Sensor De Voltaje ZMPT101B con tarjeta de desarrollo UNO.[Voltaje AC 2mA. (s/f). UNIT Electronics.]

El siguiente circuito convierte la señal del sensor en información que puede procesar una tarjeta de desarrollo compatible con las tarjetas UNO y posteriormente el código convierte esta información en una lectura de voltaje AC que se muestra por el monitor serie.

Componentes necesarios

- Una tarjeta de desarrollo compatible con la IDE Arduino
- Cables Dupont M-H
- Pinzas para realizar las conexiones con el circuito de AC

Paso 1: Realiza las conexiones

A continuación, te presentamos el diagrama de conexiones para el sensor de voltaje basado en el transformador ZMPT101B

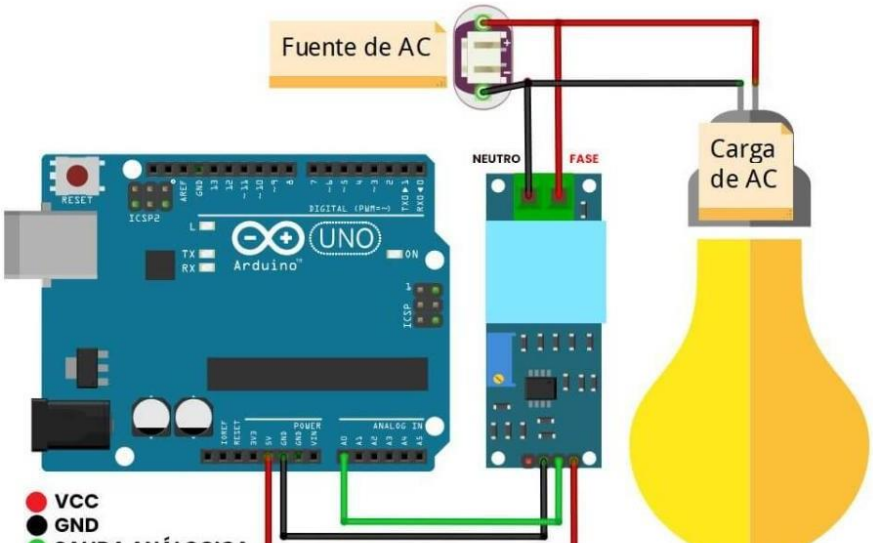


Ilustración 13 representación de conexión de sensor

El sensor nos da idealmente un valor de 2.5 V cuando el voltaje en alterna es de 0 V, de modo que la señal oscila alrededor del valor 512 de la lectura analógica, la amplitud de la salida de corriente se regula mediante el potenciómetro de precisión en el módulo.

Realiza la calibración ajustando la amplitud con el trimpot.

```
/*
ZMPT101B - sensor de Voltage AC
Muestra la señal de AC en el serial plotter
*/

void setup() {
 Serial.begin(9600);
/* Establecemos la comunicación serial a 9600 baudios */
}

void loop() {
/* obtenemos la lectura corriente */
  Serial.println(analogRead(A0));
  delay(100);
}
```

Ilustración 14 configuración para recopilación de sensor de voltaje

¿Cómo funciona el sensor de voltaje?

El módulo está integrado por un transformador que cumple la función de aislamiento galvánico para mayor seguridad en el uso. El lado primario del transformador se conecta al voltaje alterno que deseamos medir, por ejemplo: la red eléctrica de nuestro hogar. En el lado secundario del transformador se encuentra un divisor de tensión y un circuito con amplificador operacional LM358 para adicionar un desplazamiento (offset) a la salida análoga.

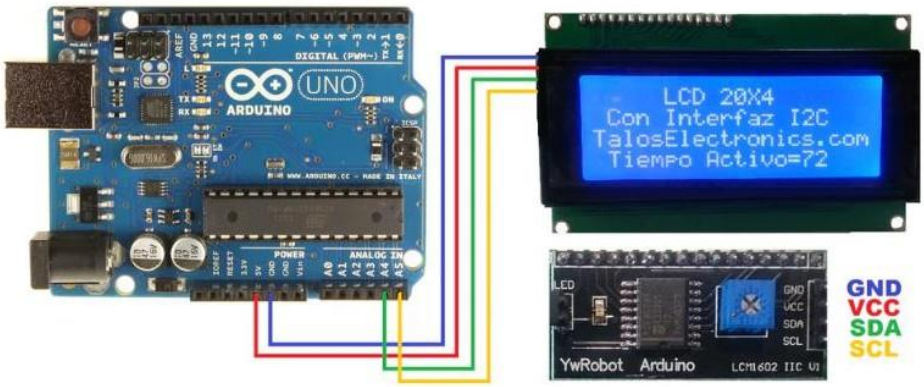
Soporta voltajes de entrada de hasta 250VAC y entrega una onda senoidal de amplitud regulable por un potenciómetro en la placa. La onda senoidal de salida está desplazada positivamente para que la onda no tenga voltajes negativos y así poder leer la onda completamente con el ADC. El desplazamiento depende del voltaje con el que alimentemos el módulo: si el voltaje de alimentación es de 5V el desplazamiento será de 2.5V y si alimentamos el módulo con 3.3V el desplazamiento será de 1.65V. El circuito de acondicionamiento de señal permite que el voltaje de salida del módulo pueda ser leído por cualquier microcontrolador con entrada Análoga a Digital (ADC), de esta forma es posible leer el voltaje instantáneo y realizar cálculos de energía, como: Voltaje pico a pico (Vpp) y Voltaje Eficaz (Vrms). .[Voltaje AC 2mA. (s/f). UNIT Electronics.]

2.5 PANTALLA LCD ARDUINO

Display LCD 20×4 con luz de fondo azul e interfaz I2C, ideal para proyectos de robótica, puedes controlarlo con Arduino, PIC, Raspberry, Beaglebone, etc

2.5.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Comunicación: I2C
- Número de caracteres: 20 x 4
- Iluminación: Azul
- Contraste: Ajustable
- Voltaje de alimentación: 5 VCD (vía Pin) 3.3 VCD (vía IDC10)
- Interfaz: CII / TWI x1, x2 IDC10
- Ángulo de visión amplio
- Tamaño de punto: 0,55 x 0,55 mm
- Tamaño de caracteres: 2,96 x 4,75 mm
- Dimensiones: 98 x 60 x 24 mm



Dentro del desarrollo de proyectos electrónicos, la implementación de interfaces de usuario que permitan visualizar información en tiempo real es de gran relevancia. En este caso, el programa diseñado tiene como finalidad mostrar mensajes en una pantalla de cristal líquido (LCD) y contabilizar el tiempo en segundos que ésta permanece encendida. Este tipo de aplicaciones resulta útil en sistemas de monitoreo, medición y prototipos experimentales, ya que facilita la interacción entre el usuario y el dispositivo. [Lozano, R. (2018, junio 8).]

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>//Libreria para LCD I2C
#include <Wire.h>//libreria requrida para usar SDA y SCL
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 2, 1, 0, 4, 5, 6, 7, 3, POSITIVE);
```

Ilustración 15 ilustracion de pantalla LCD

Para la construcción del programa es necesario emplear la librería Wire.h, encargada de la comunicación I2C, así como la librería LiquidCrystal_I2C.h, que permite la configuración y el control de la pantalla LCD. La inicialización del dispositivo se realiza mediante la inclusión de estas librerías y la configuración de la pantalla, estableciendo el número de columnas y filas disponibles; en este caso, una pantalla de 20×4. Además, se hace uso del comando lcd.backlight(imagen 15), el cual activa la luz de fondo y mejora la legibilidad del contenido mostrado.

```
//Declaracion de variables
int Contador = 0;
void setup()
{
  lcd.begin(20, 4);//Inicializar la LCD 20x4
  lcd.backlight();//Encender la luz de fondo
}
```

Ilustración 16 activacion de luz

Posteriormente, se declara una variable denominada contador, cuya función es registrar el tiempo transcurrido en segundos desde que la pantalla se encuentra activa. En la sección setup(), además de la configuración inicial de la pantalla, se prepara el entorno para que el dispositivo esté listo para la ejecución continua del programa.

En el ciclo principal loop(), se posiciona el cursor en una coordenada específica de la pantalla (por ejemplo, columna 5 y fila 0) con el fin de centrar el mensaje. No obstante, esta posición puede variar dependiendo de las necesidades del proyecto, siendo igualmente válida la ubicación en la columna 0, fila 0. Lo relevante en esta etapa es actualizar constantemente la posición del mensaje, evitando que se sobrescriba sobre el texto anterior. Finalmente, se despliega el valor de la variable contador, la cual incrementa cada segundo gracias a un retardo programado, logrando así una representación dinámica del tiempo de operación del sistema.

Este proceso no solo ejemplifica el manejo de librerías y pantallas LCD en entornos Arduino, sino que también introduce al estudiante en conceptos de temporización, control de periféricos y presentación estructurada de datos, conocimientos fundamentales para el desarrollo de sistemas embebidos y aplicaciones de instrumentación electrónica. [Lozano, R. (2018, junio 8).]

2.6 SCREW SHIELD PARA ARDUINO

En proyectos donde se manejan múltiples sensores, actuadores o conexiones externas, el uso de cables tipo "jumper" puede resultar laborioso, poco confiable o propenso a fallas por desconexiones accidentales. Como solución a esto, surge el Screw Shield 1.0 para Arduino Uno, una placa complementaria (shield) que facilita y asegura las conexiones al Arduino mediante terminales de tornillo (clemas), al mismo tiempo que incorpora un área para prototipo. [*SCREW SHIELD 1.0]*

2.6.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y COMPONENTES

Según el fabricante Keyestudio, este shield combina la facilidad de uso de un proto shield con la robustez de los bloques de terminales de tornillo de 3.5 mm de paso, permitiendo conexiones firmes y confiables

- Terminales de tornillo: paso de 3.5 mm, ideales para cable sólido o trenzado, con termo conductividad de alta calidad
- Área de prototipado: doble cara con pad a 2.54 mm, ideal para soldar componentes o insertar una mini breadboard
- Incluye LED de indicador y botón de reset para control directo desde el shield
- Dimensiones físicas: aproximadamente 75 mm × 63 mm, con peso de alrededor de 29 g
- Compatibilidad: diseñado para Arduino Uno R3, también utilizable con Arduino Mega y otros compatibles, gracias al pasador SPI extensible y a los orificios adicionales para ADC y SPI
- Agrega terminales a todos los pines digitales (incluyendo GND extra) y pines analógicos, además de VIN y 5V

Beneficios en el Diseño de Proyectos

1. Conexiones robustas y seguras: el uso de clemas de tornillo proporciona un medio firme para asegurar cables, reduciendo probabilidades de desconexión, ideal para prototipos de campo o ambientes vibratorios.

2. Versatilidad de prototipado: el área central permite desarrollar circuitos personalizados, realizar pruebas rápidas o integrar componentes directamente, sin necesidad de una placa adicional.

3. Expansión y aplicabilidad: gracias a la compatibilidad con SPI y stacking headers, se puede sobreponer otro shield (por ejemplo, para comunicaciones, sensores o pantallas) sin perder funcionalidad.

4. Gestión ordenada del cableado: la disposición organizada de los terminales facilita el trazado, identificación y mantenimiento de conexiones, mejorando la claridad del diseño.

5. Accesibilidad de señales útiles: incorpora pines para VIN, GND y alimentación de 5V, lo que simplifica el acceso a tensiones de alimentación adicionales sin desordenar la placa base.

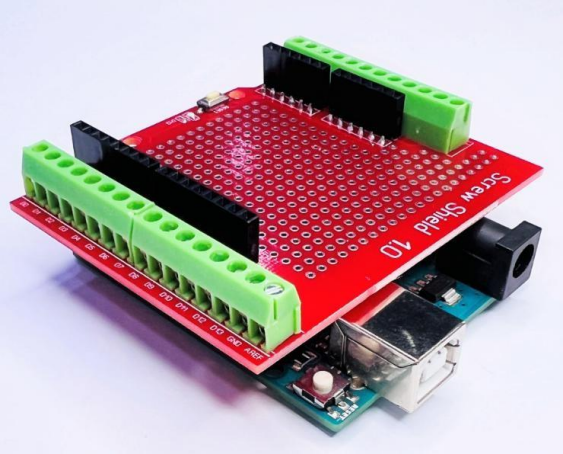


Ilustración 17 representación de placa

Aplicaciones y Casos de Uso

Este tipo de shield resulta excelente en proyectos como:

- Prototipos que requieren conexión de sensores analógicos o digitales distribuidos por el entorno.
- Integración temporal de equipos sin la necesidad de hacer soldaduras ni montar circuitos permanentes.
- Sistemas que serán presentados a terceros o en campo, donde la presentación y seguridad de conexiones son prioridad.
- Ambientes donde la vibración, polvo o manipulación frecuente podrían desconectar cables mal sujetos (por ejemplo, proyectos educativos o ferias tecnológicas).

Resumen Técnico

Característica	Detalle
Terminales de tornillo	Paso 3.5 mm, alta calidad
Área de prototipado	PCB doble cara, pads a 2.54 mm
Componentes incorporados	LED indicador D13, botón Reset

Característica	Detalle
Dimensiones	≈ 75 mm × 63 mm; peso ≈ 29 g
Compatibilidad	Arduino Uno R3, Mega, otros
Extensibilidad	SPI y ADC libres, stacking headers

2.7 MODULO REGULADOR VOLTAJE LM317 DCDC 20W

El LM317 Regulador Step Down 20W 2A es un módulo electrónico basado en el regulador de voltaje ajustable LM317, diseñado para convertir una tensión de entrada más alta a una tensión de salida más baja y estable, dentro de un rango ajustable generalmente entre 1.25V y 37V. Este módulo actúa como un regulador lineal tipo Step Down (reductor), lo que significa que disipa el exceso de energía en forma de calor para mantener la salida constante, permitiendo alimentar circuitos sensibles que requieren una tensión específica.

Soporta corrientes de hasta 2 amperios y una potencia máxima de 20W, lo cual lo hace ideal para aplicaciones como fuentes de alimentación ajustables, cargadores de baterías, control de motores de baja potencia, o experimentos en laboratorio. Funciona mediante un potenciómetro que ajusta la resistencia de retroalimentación del LM317, lo cual varía el voltaje de salida.

Sus principales usos incluyen la creación de fuentes de voltaje reguladas para alimentar circuitos sensibles, la carga controlada de baterías, la alimentación de motores de corriente continua de bajo consumo, y la protección de dispositivos ante variaciones de voltaje. Dentro de sus aplicaciones destacan proyectos de robótica, estaciones de prueba, sistemas embebidos y prototipos educativos. Este regulador es compatible con tarjetas de desarrollo como Arduino UNO, Mega, Nano, ESP8266, ESP32, STM32 y Raspberry Pi, ya que permite adaptar el voltaje de entrada para cumplir con los requerimientos específicos de cada tarjeta o módulo conectado. Su versatilidad y facilidad de ajuste lo convierten en una herramienta fundamental para cualquier desarrollador electrónico.[Electronics. Recuperado el 21 de agosto de 2025]

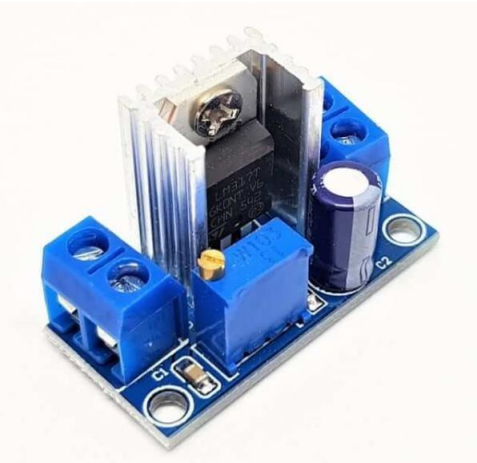


Ilustración 18 regulador de voltaje

2.7.1 ESPECIFICACIONES Y CARACTERÍSTICAS

- Tipo: Regulador de voltaje Step Down.
- Serie: Módulo LM317.
- Voltajes:
- Entrada Máxima: 4.2 a 40 V.
- Salida: 1.25 a 37 V.
- Corrientes:
- Salida Máxima: 2 A.
- Salida Mínima: 1.5 A
- Potencia de salida: 20 W.
- Frecuencia característica: 100 (MHz).
- Temperatura de trabajo: -55 ° C a +150 ° C.
- Dimensiones: 35 mm x 17 mm x 15 mm.

Pasos para la Prueba.

- Conexión de la alimentación:
- Conecta la entrada VIN del módulo LM317 a tu fuente de alimentación (por ejemplo, 12V).
- Asegúrate de respetar la polaridad: positivo al pin VIN y negativo al pin GND del regulador.
- Ajuste de salida sin carga:
- Antes de conectar cualquier carga, usa el multímetro en modo voltímetro para medir la salida (VOUT).
- Coloca la punta positiva del multímetro en el pin de salida y la negativa en GND.
- Gira el potenciómetro de ajuste (normalmente con un destornillador pequeño) hasta obtener el voltaje deseado (por ejemplo, 5V o 3.3V según necesites).
- Prueba con carga:
- Conecta una carga resistiva entre VOUT y GND (por ejemplo, una resistencia de 10Ω/5W si estás usando 5V, lo que resultaría en una corriente de 0.5A).
- Mide nuevamente el voltaje para asegurarte de que no cae significativamente al aplicarse carga.
- Puedes también medir la corriente de salida conectando el multímetro en modo amperímetro en serie con la carga.

- Monitoreo térmico (opcional):

- Toca el disipador o el chip con cuidado o usa un sensor infrarrojo para asegurarte de que el regulador no se calienta excesivamente.
- Si la temperatura sube mucho (más de 60-70 °C), se recomienda usar un disipador adicional.

Resultado Esperado.

- El voltaje de salida debe mantenerse estable y ajustable dentro del rango típico (1.25V a ~10V dependiendo de la entrada).
- El regulador no debe calentarse excesivamente si se mantiene dentro de sus especificaciones de potencia (hasta 20W con disipación adecuada).

2.8 TRANFORMADOR (CARGA ARTIFICIAL)



Ilustración 19 transformador para proyecto

El transformador de alto voltaje es un componente crucial de un horno de microondas. Su función principal es convertir el voltaje regular en alto voltaje para el generador de magnetrón y microondas. Durante la operación del microondas, el transformador de alto voltaje juega un papel vital.

Principio de trabajo del transformador de horno de microondas

El funcionamiento del transformador de un horno de microondas está intrincadamente vinculado a la ley de inducción electromagnética de Faraday. Esencialmente, este dispositivo

presenta dos bobinas distintas: una bobina primaria, que se vincula a una fuente de alimentación de bajo voltaje, y una bobina secundaria, conectada a una fuente de alto voltaje. Cuando la bobina primaria se energiza, sus líneas de inducción magnética inducen voltaje en la bobina secundaria. Debido al mayor número de giros en la bobina secundaria, su voltaje de salida es mucho más alto que el voltaje de entrada de la bobina primaria.[(S/f). Ariat-tech.es. Recuperado el 25 de agosto].

Al convertir el voltaje regular en alto voltaje, proporciona la potencia necesaria al generador de magnetrón y microondas del horno de microondas. Con la adición de alta presión, los hornos de microondas pueden generar fuertes ondas electromagnéticas, dándose cuenta así de la función de calentamiento.

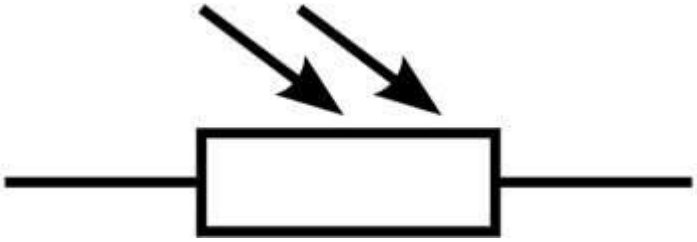
Este se ocupará como como carga instantánea, con una carga de 8.9amp , 127 volts a potencia conectada y 1 pulso en el medidor eléctrico (1pulso= 1w/h) cada 33s podemos hacer la comparación para la carga instantánea que se necesita.

Ese transformador a estar al vacío sin carga instalado en el devanado secundario llegar a tener un calentamiento después de 5 minutos conectado el cual se descarta porque la prueba que se hará será solo de 120s conectado donde no se llegara a ese riesgo. [(S/f). Ariat-tech.es. Recuperado el 25 de agosto]

2.9 MODULO FOTOSENSIBLE DE LUZ LDR

Este componente es llamado de diversas maneras, tal vez lo encuentres como fotorresistor, fotorresistencia, fotocelda o LDR.

Aquí puedes ver uno de los símbolos que se usa para el LDR.



Un LDR es un componente que usamos en electrónica y que varía su resistencia en función de la intensidad de la luz que incida en él.

Generalmente, encontramos en el comercio aquellos que:

- Disminuyen su resistencia cuando la intensidad de luz que se le aplica aumenta.

- Incrementan su resistencia cuando la intensidad de la luz recibida es menor.

En otras palabras, su valor de resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de luz que se le aplique.[El octavo, B. (2020, noviembre 27).].



Ilustración 20 LDR

Este comportamiento podemos verificarlo con la ayuda de un multímetro colocado en la escala de resistencia (ohmios – Ω).

Existen en el mercado dos tipos de módulos, uno con tres terminales de salida, como el que aparece en la imagen inferior que posee dos terminales de alimentación a 5 Vdc (VCC y GND) y DO (*Digital Output*) que es una salida digital (alto o bajo).



Ilustración 21 COMPONENTE LDR PARA PROYECTO (CIRCUITO INTEGRADO)

Nosotros en este artículo no vamos a utilizar los módulos. Mejor usaremos el LDR y así de paso conoceremos conceptos interesantes. [El octavo, B. (2020, noviembre 27).]

Nuestro actuador será un diodo emisor de luz, LED (*Light Emitting Diode*) y su resistencia limitadora de corriente de 330 Ω, aunque si prefieres puedes usar el LED integrado en Arduino que ya tiene su resistencia limitadora de corriente.

CAPITULO 3. METODOLOGIA Y PROCESOS DE DESARROLLO

3.1 MATERIALES A UTILIZAR Y SIMPLIFICACION DE CONEXION

Después de verificar cada uno de los componentes que se describieron en el marco teórico, se proporciona la lista de la cual se utilizará para el proyecto. Cabe recalcar que la idea sale después de una programación Arduino en una comparación de un pulso o destello de consumo de un watt hora en un medidor monofásico de baja tensión, el cual se justificará con la comparación con la carga instantánea conectada, que en este caso es nuestro TR de 127 volts ocupado de microondas. Este se describe en el cual es utilizado para nuestra carga, el cual en una comparación breve e instantánea de una comparación de 120 segundos es donde se podrá ocupar dicho elemento. ¿Cuál es el principio o la característica de la función? Que cuando nosotros conectemos esta carga y la comparemos, ¿cuánto debe de consumir en 120 segundos? Este recaiga a saber si el medidor está en óptimas condiciones o si está intervenido por dentro. ¿A qué me refiero? Si tiene un puente de algún cableado de algún calibre o algún tipo de resistencia u anomalía.

Placas y materiales ocupado para el diseño físico del prototipo.

- Arduino Uno
- Sensor de corriente ACS712
- Sensor de voltaje ZMP101B AC 0.250V
- Pantalla LCD Arduino 20x4 caracteres
- Screw shield para Arduino
- Modulo regulador voltaje LM317 DCDC 20W
- TR transformador de microondas (carga instantánea)
- Base de medidor monofásica 4x100
- Terminales de Bornes de medidor eléctrico
- Medidor eléctrico de prueba para carga
- Caimanes de contacto
- Programa Arduino con carpetas
- Modulo fotosensible de luz LDR
- Cables de protoboard
- Protoboard para pruebas

Los componentes electrónicos y materiales utilizados se puede visualizar en las ilustraciones 21,22, y 23.

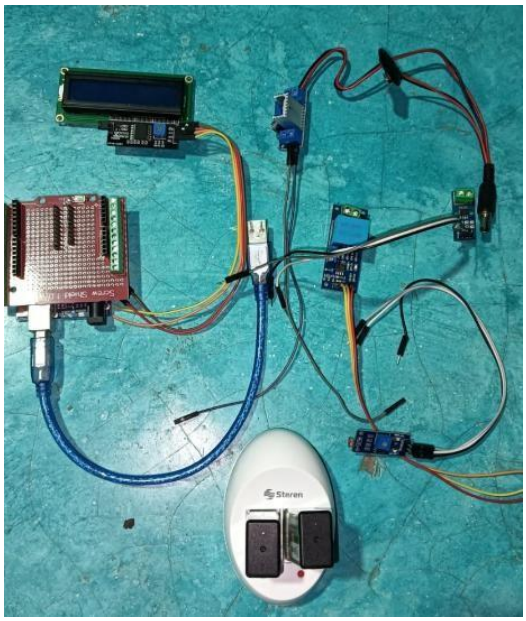


Ilustración 23 componentes electrónicos



Ilustración 22 base de medidor con conexión, TR y medidor de CFE desarmado

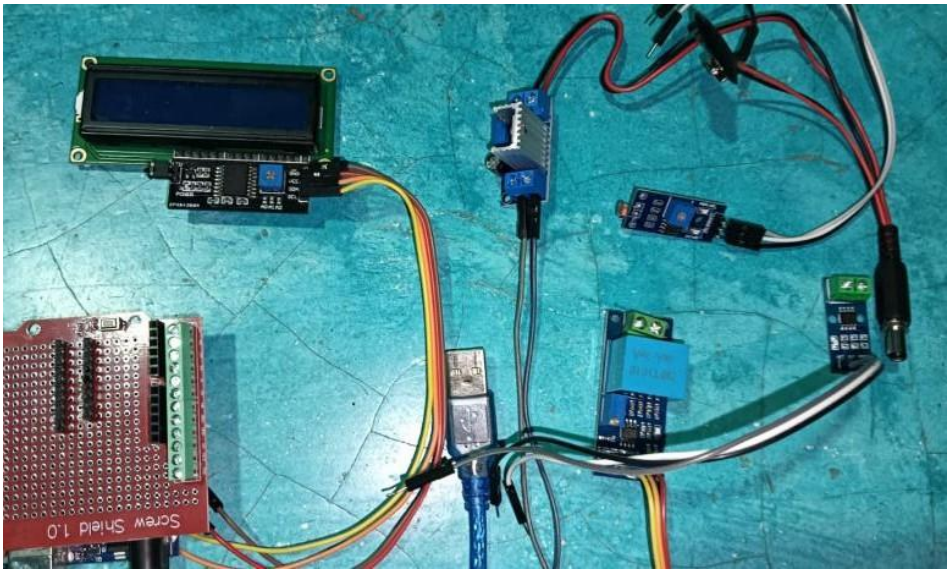
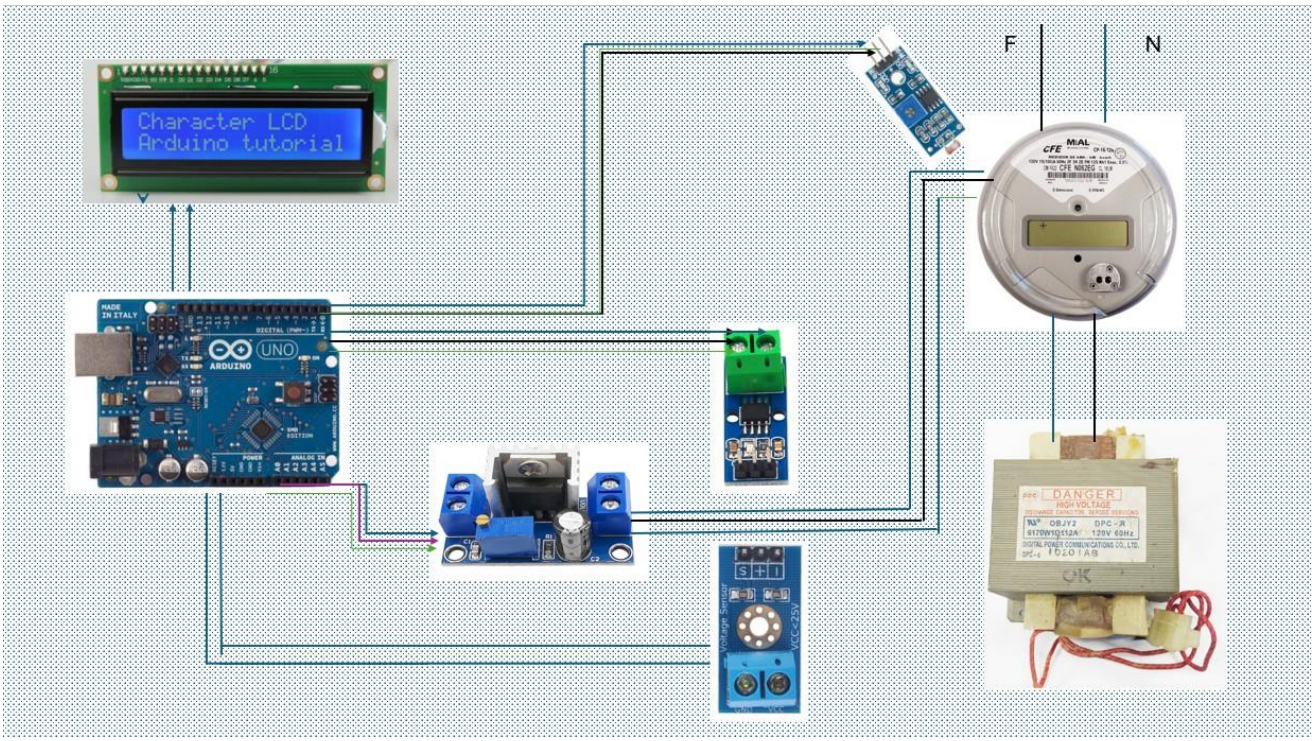


Ilustración 24 componentes mas visibles

En la siguiente imagen se muestra cómo es la simplificación de conexión de todos nuestros componentes electrónicos para nuestro proyecto en esta imagen lo haremos ver de la manera más simple para poder entender el funcionamiento real de nuestro circuito el cual empieza con la conexión de nuestro Arduino que va a ir conectado a nuestro sensor de corriente y nuestro sensor de voltaje que va a estar en que va a estar verificando las vibraciones del voltaje en nuestro medidor de igual manera el sensor de corriente nos va a servir para verificar nuestro amperaje en el circuito. El regulador de voltaje estará en la salida principal hacia el medidor cuente con nuestro LDR podemos verificar los pulsos de nuestro medidor que será transmitido a nuestra pantalla de display y de acuerdo a los pulsos acumulados será la verificación de si nuestro medidor está alterado o está haciendo su proceso correctamente en la siguiente imagen se muestra una simplificación de nuestro circuito.

“DIAGRAMA DE SIMPLIFICACION DEL CIRCUITO”



3.1.2 PRESENTACION DE MATERIALES

Después de verificar en el marco teórico cada uno de los materiales a utilizar, se llegó a la conclusión de que se debería de comprar cada uno de estos materiales para poder hacer el diseño del prototipo físico y no solo en la computadora. Por ello, de esta manera podemos utilizar la parte de la compra de cada una de estas placas, en este caso los sensores de voltaje, corriente, pantalla SLD, Arduino, y conexiones. En el caso de las cosas que son pertenecientes a la Comisión Federal de Electricidad, se hizo la compra de una base monofásica de 4x100 y unos bornes de conexión de medidor para poder hacer las pruebas relacionadas. También se llegó a la conclusión de que se debe de comprar cada uno de estos materiales por paquetería. En el caso del medidor eléctrico, en breve se hará un desglose de cómo fue que llegamos al porcentaje de ese medidor digital y verificar cómo se utilizó para poder realizar las pruebas correspondientes.

Cada uno de estos materiales en su referencia tenía el costo aproximado en la sección de los costos en el capítulo 2 por obvias razones en algunos de este tipo para prueba y error se compró de a doble placa en dado caso de sensores regulador de voltaje sensor de corriente sensor de voltaje y sobre todo el módulo fotosensible a la luz el LDR el cual será y es utilizado para poder hacer la comparación de 1 w hora sobre cada pulso que da para poderlo comparar con la carga instantánea que tenemos que en este caso es nuestro TR; por obvias razones solamente se compró material y se simplificará en una base de triplay donde se podrá sostener cada uno de los componentes que lleva este prototipo para que en su momento sea ensamblado en tipo 3D ya que por cuestiones y montos y limitaciones no se llegará a el montaje en 3D pero sí a un correcto funcionamiento para que esté listo y preparado el diseño de prototipo la base del medidor se hizo también en compra y al abrir un medidor se pudieron sacar las terminales qué serán utilizadas en el medidor base sobre base.

3.2 PRUEBA Y ERROR

3.2.1 VERIFICACION DE MEDIDOR MONOFASICO DE PRUEBA

Como primer punto tenemos la presentación de nuestro medidor digital, El medidor y usa código 20 SE autogestión de 120 V de 15 * 100 amperes a 60hz 1 fase 2 hilos con exactitud del 0.5% código de medidor F123 código de lote 20NT número de medidor unidireccional JB547X con relevador cerrado con un sello de capelo 120MDE500832 con el permiso del licenciado **Adrián Pérez Rodríguez supervisor comercial** se abre sello de capelo para la funcionara el para prueba y error el proyecto. En la ilustración 24,25 y 26 se muestra el proceso para abrir el medidor de prueba.



Ilustración 25 datos del medidor visuales



Ilustración 26



Ilustración 27 caratula de medidor de prueba



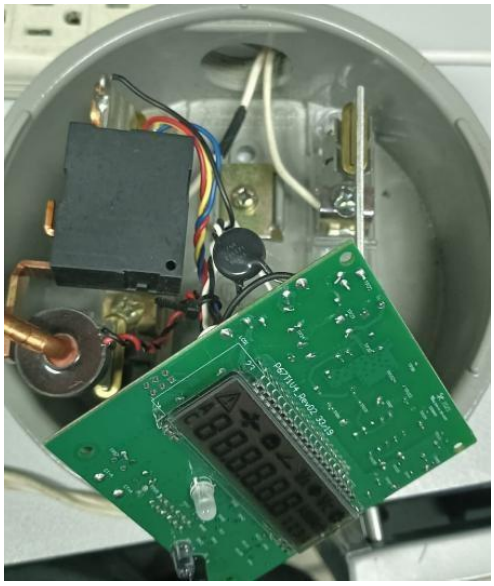


Ilustración 28 sello de Capello el cual se retira

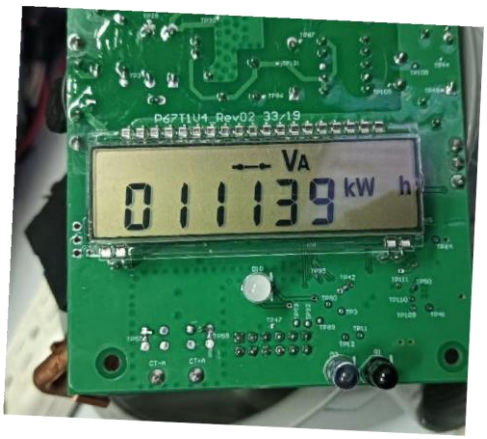


Ilustración 29 lectura original del medidor de prueba

Este medidor se encontró con relevador abierto con una lectura de 11139 kilowatts hora(imagen 28) las prueba y error se rectificará watt por watt el cual no tenemos un movimiento elevado de que pase los 11139 kilowatts ya que para ello tendríamos que hacer una comparación de 1000 w en este caso solamente tenemos a 120 segundos aproximadamente cuatro pulsos por lo que no debería de tener tanto movimiento su lectura.

3.2.2 prueba de sensor de voltaje

Para esta primera prueba de sensor de voltaje se utilizarán los siguientes materiales:

- Arduino Uno
- Sensor de voltaje ZMP101B AC 0.250V
- Pantalla LCD Arduino 20x4 caracteres
- Modulo regulador voltaje LM317 DCDC 20W
- TR transformador de microondas (carga instantánea)
- Base de medidor monofásica 4x100
- Terminales de Bornes de medidor eléctrico
- Medidor eléctrico de prueba para carga
- Caimanes de contacto
- Programa Arduino con carpetas
- Cables de protoboard
- Protoboard para pruebas

La materia de electrónica y electrónica digital aprendimos a utilizar el Arduino el cual consta de un compuesto de una placa llamada Arduino uno que se conecta en USB a una máquina en este caso una computadora el cual hacía un programa en el Arduino y en el cual conectaremos a la pantalla LCD por nuestro programa que estamos realizando primero conectamos el Arduino se programará el cual nosotros podamos tener un contador coma en ese contador nosotros vamos a poder ver en este caso el voltaje que nos está proporcionado en la entrada primaria del transformador donde vamos a conectar para la carga principal coma para ello debe de haber un regulador de voltaje ya que no podemos pasarnos de los 5 V teniendo en cuenta que está diseñado para solamente 5 V . Vamos que estas especificaciones vienen marcadas en el marco teórico en el capítulo 2 coma después del regulador de voltaje lo que tenemos que hacer es solamente tener en cuenta cuál es el voltaje que nos está proporcionando el conector en donde nosotros estamos tomando energía eléctrica para así compararla con posibles picos que tengan de energía.

En la siguiente imagen podremos corroborar cuál fue la primera prueba que estuvimos realizando el cual nos marca en nuestra simulación cuánto es el voltaje que nos está proporcionando y en cuánto tenemos que nosotros idealizarlo para que no tenga esos picos y vibraciones que nos está proporcionando para que nuestro Arduino podamos tener una propuesta ideal.

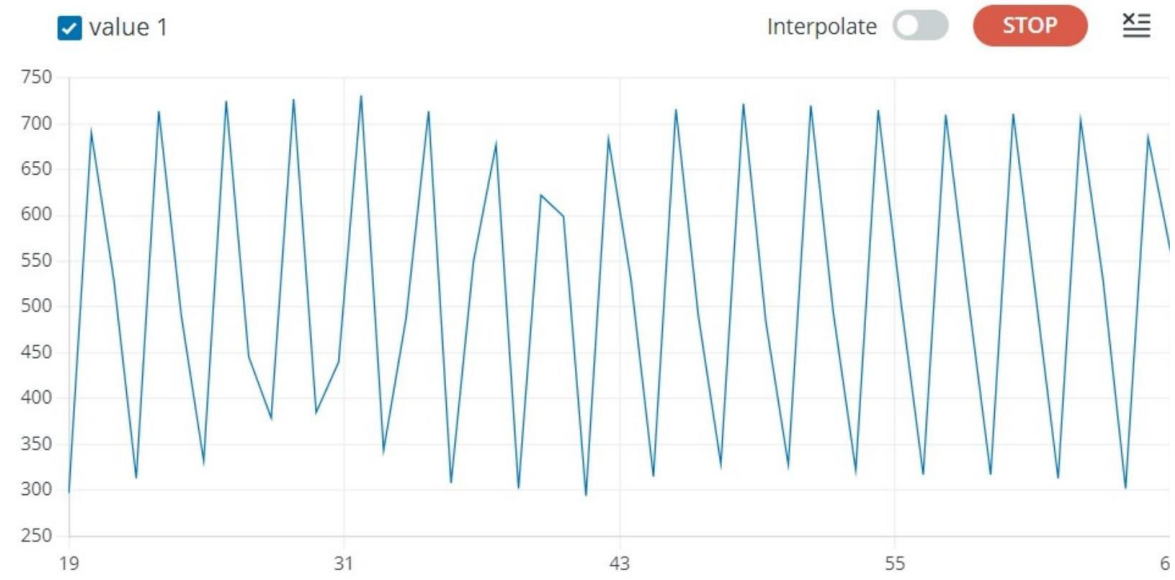


Ilustración 30 grafica de voltaje pico-pico

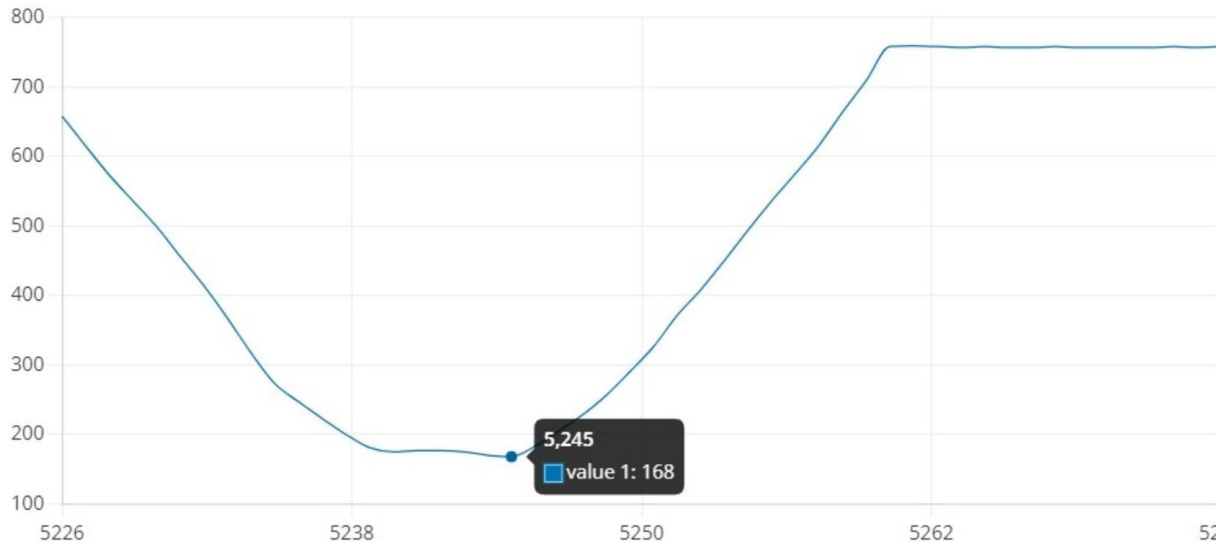


Ilustración 31

Imagen ahora podemos checar nuestro código de programación (imagen 31) que se está diseñando el club incluye de nuestro sensor de voltaje ZMPT10B el cual tenemos una sensibilidad del 179 5 f el valor calibrado y en el cual vamos nosotros a ir diseñando poco a poco la sensibilidad que necesitamos para que así nos delimite nuestro voltaje requerido en el cual por último nosotros podemos poner una variación de 1000 para que nos corrobore estrictamente el voltaje.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ZMPT101B.h>
#include <Wire.h>

#define SENSITIVITY 179.5f  // Valor calibrado
ZMPT101B voltageSensor(A0, 60.0);  // Sensor en pin A0, frecuencia 60 Hz
// Dirección I2C de la pantalla (puede variar, comúnmente 0x27 o 0x3F)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int sensorPin = A0;   // select the input pin for the potentiometer
int ledPin = 13;      // select the pin for the LED
int sensorValue = 0;  // variable to store the value coming from the sensor

void setup() {
  lcd.init();          // Inicializa la pantalla
  lcd.backlight();     // Enciende la luz de fondo
  lcd.setCursor(0, 0); // Coloca el cursor en columna 0, fila 0


  lcd.setCursor(0, 1); // Coloca el cursor en columna 0, fila 1
  lcd.print("LCD 16x2 I2C");
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  Serial.begin(115200);
  voltageSensor.setSensitivity(SENSITIVITY);
}

void loop() {
  float voltage = voltageSensor.getRmsVoltage();
  Serial.print("AC Voltage= ");
  Serial.println(voltage);
  lcd.print(voltage);
  delay(1000);
  lcd.clear();
```

Ilustración 32 primer diseño de circuito

Ahora ya teniendo nuestro código de programación tendemos a utilizar en físico conectando nuestro Arduino el sensor de voltaje máximo:

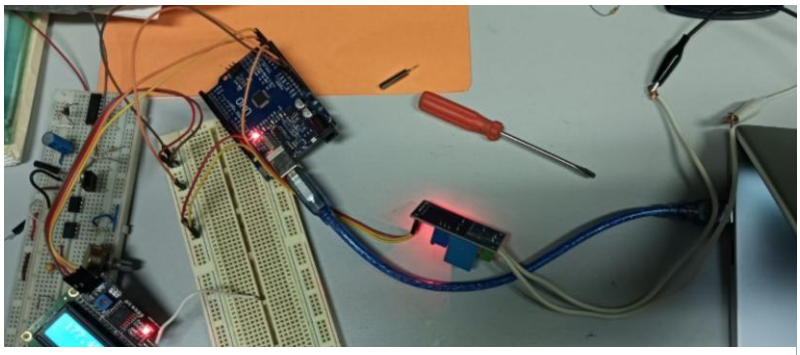


Ilustración 33 verificación de circuito de voltaje

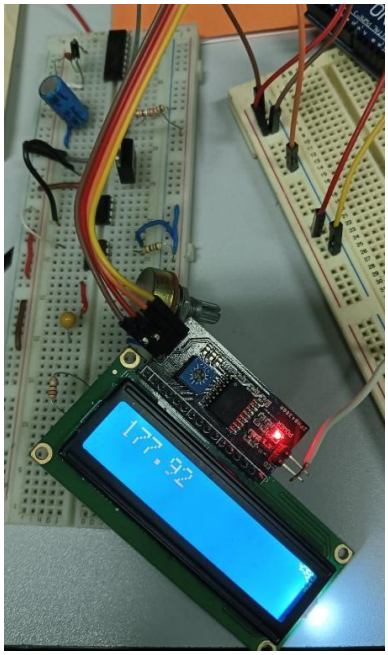


Ilustración 34 voltaje relacionado

3.2.3 PRUEBA DE MODULO FOTO SENSIBLE DE LUZ LDR

En la siguiente prueba se mostrará La conexión de nuestra base de medidor monofásica 4 * 100 nuestro circuito el medidor monofásico de autogestión y usa de CFE nuestra carga que en este caso es el TR un multímetro de gancho el cual está proporcionando cuál es la corriente que se está haciendo la que después nosotros vamos a poder hacer la comparación de los watts consumidos y estamos viendo que en nuestro programa que necesitamos va a marcar los pulsos del kilowatt visualizados y nuestro voltaje que está obteniendo nuestro sensor de voltaje con su regulador este circuito primero tenemos que diseñarlo en nuestro circuito de programación para después ejecutarlo ya en nuestras piezas reales.

```ino
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ZMPT101B.h>
#include <Wire.h>

#define SENSITIVITY 179.5f  // Valor calibrado
ZMPT101B voltageSensor(A0, 60.0);  // Sensor en pin A0, frecuencia 60 Hz
// Dirección I2C de la pantalla (puede variar, comúnmente 0x27 o 0x3F)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int sensorPin = A0;   // select the input pin for the potentiometer
int ledPin = 13;      // select the pin for the LED
int sensorValue = 0;  // variable to store the value coming from the sensor
const byte pinPulso = 2;  // the number of the pushbutton pin

volatile unsigned long contador = 0;
void setup() {
  lcd.init();          // Inicializa la pantalla
  lcd.backlight();     // Enciende la luz de fondo
  lcd.setCursor(0, 0); // Coloca el cursor en columna 0, fila 0


  lcd.setCursor(0, 1); // Coloca el cursor en columna 0, fila 1
  lcd.print("LCD 16x2 I2C");
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(pinPulso, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(115200);
  voltageSensor.setSensitivity(SENSITIVITY);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinPulso), contarPulso, FALLING);
}
```

```ino
void loop() {
  float voltage = voltageSensor.getRmsVoltage();

  lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("kWh: ");
    lcd.print(contador, 3);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("voltaje: ");// mostrar con 3 decimales
    lcd.print(voltage);
  delay(500);
  lcd.clear();
}
// Función que se ejecuta en cada pulso detectado
void contarPulso() {
  contador++;
}

```

Ilustración 35 circuito de programacion en arduino combinado sensor de voltaje con sensor fotovoltaico

Teniendo nuestro circuito de programación ahora lo que haremos será empezar a pegar a conectar nuestro regulador de voltaje que ya en el punto anterior ya lo tenemos conectado ahora solamente tenemos que conectar nuestro contador del LSD que en este caso es hay que ajustar su sensibilidad para que podamos checar el pulso del LED que en este caso se mostrará en la siguiente imagen.

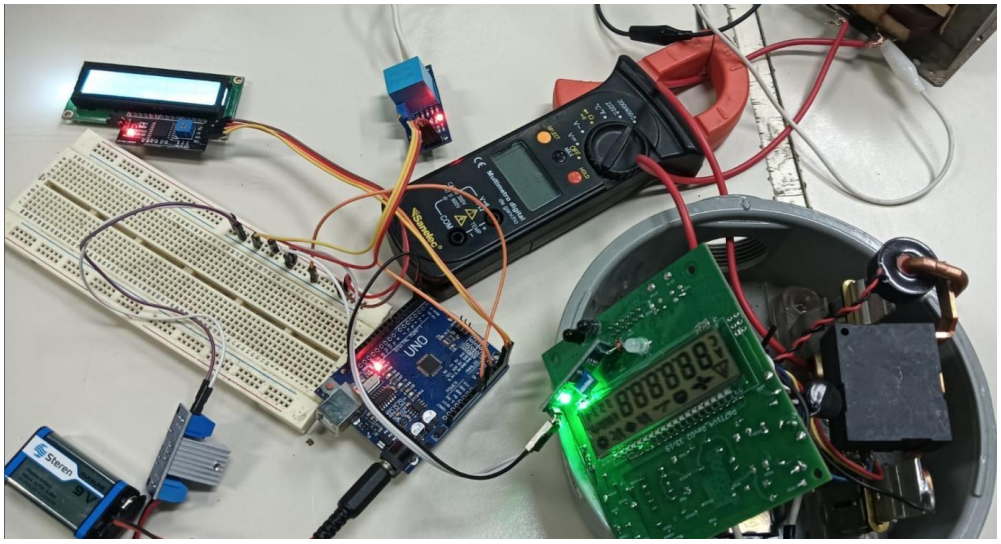


Ilustración 36 verificación de sensor en la parte del pulso donde sale el led del medidor



Ilustración 37 amperaje del circuito

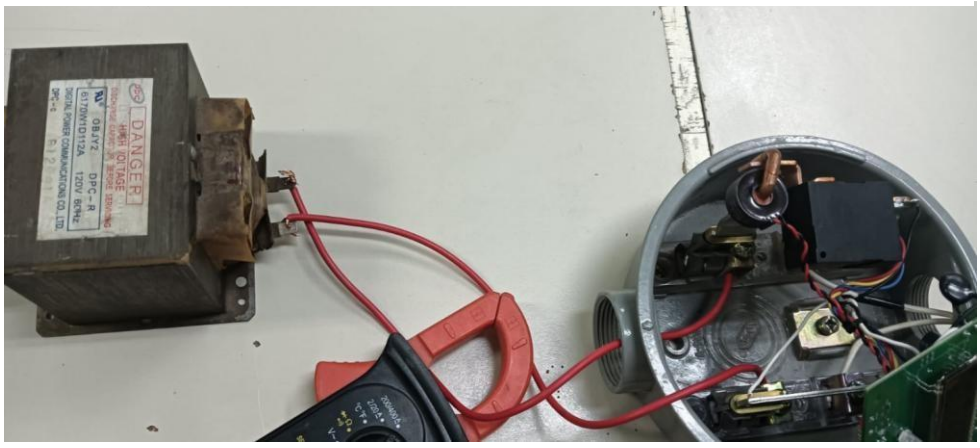


Ilustración 38 conexión de TR a medidor de prueba en base de medidor

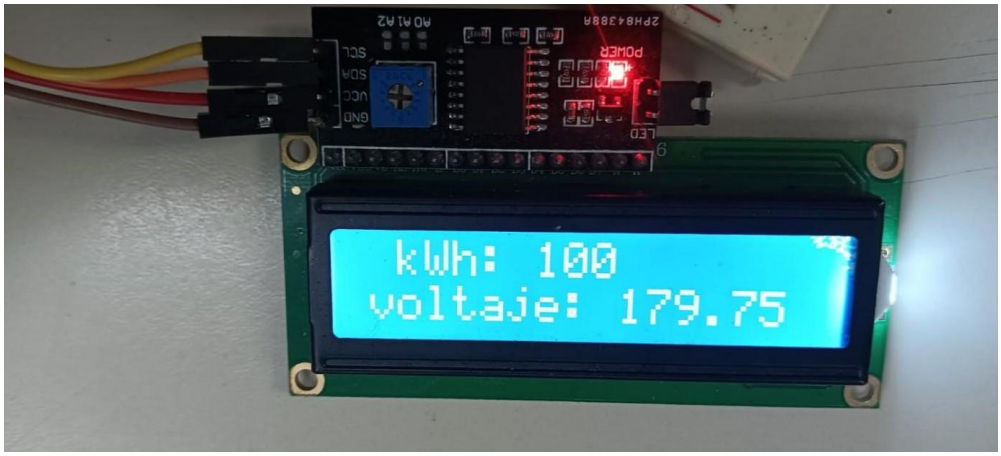


Ilustración 39 pulsos relacionados que se deseaban en el programa

3.2.4 PRUEBA DE SENSOR DE CORRIENTE

Ahora teniendo todos los circuitos acomodados ya solamente faltaría el sensor de corriente en el cual se va a poner de una manera para la comparación de cada uno de la corriente permitida en ese caso teniendo 8.87 amperes vamos a poder verificar sí la corriente que nos proporcionan es la adecuada y de esa manera poder llegar a la conclusión en la siguiente imagen se deja muestra de cómo se empieza a observar el sensor de corriente y el último código de nuestro circuito electrónico.

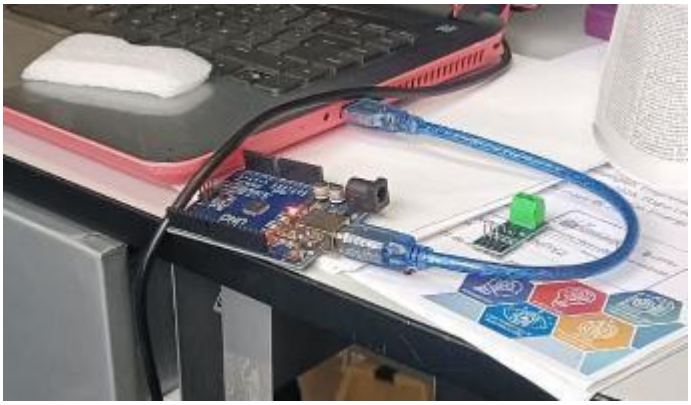


Ilustración 40 muestra de verificación de sensor de corriente

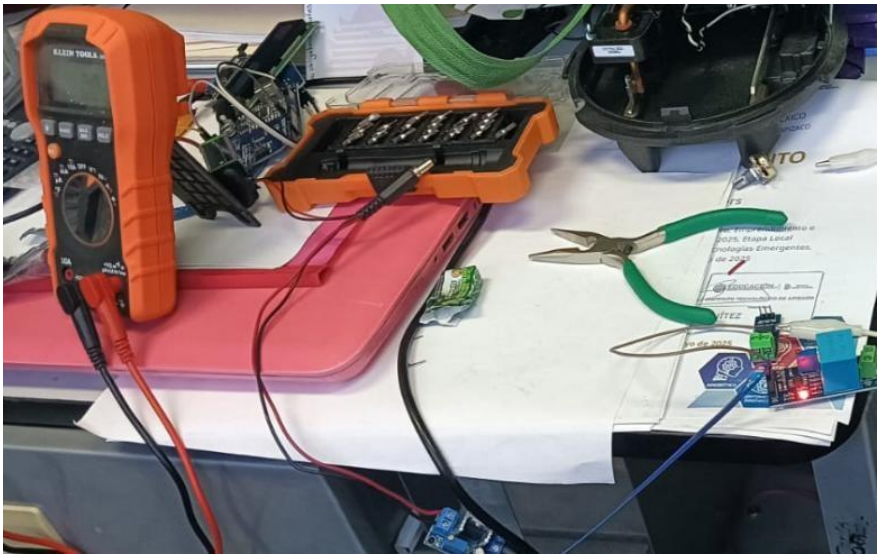


Ilustración 41 conexion de sensor de corriente probado con multimetro en serie

La siguiente imagen se observa la primer muestra de voltaje donde define en nuestro sensor de voltaje que es el acertado hasta 126 v. con el sensor pin a cero con frecuencia de 60 Hz después viene nuestra sensibilidad que viene del 0.66 que en ese caso son los pulsos los 2 pulsos que debe de rectificar nuestro variador de voltaje el contador empieza de cero se ve en la fila número 16 en la fila número 23 empezamos con la inicio de pantalla donde se manda y enciende la luz de fondo para colocar en la columna cero la fila cero después para el voltaje y sensor de sensibilidad está en la fila 34, que es encontrar el pulso de nuestro LRD que es el contador de los pulsos que en este caso le vamos a poner en una variación de 500 en un delay 500 en la fila 47 que es la que nosotros podemos observar para tener nuestro variador de conteo por último tenemos la intensidad que es en la corriente rms que es la potencia comparada con la potencia en watts y le vamos a poner un delay de 5 en la fila 56 porque es el contador del pulso por último regresamos el menos igual a cero para que se vuelva a repetir la corriente y su retorno el voltaje analógico es de 5 V con 1 + −2.5 y la sensibilidad normal y en la fila 71 regresamos. En la imagen 42 se verá el código diseñado:

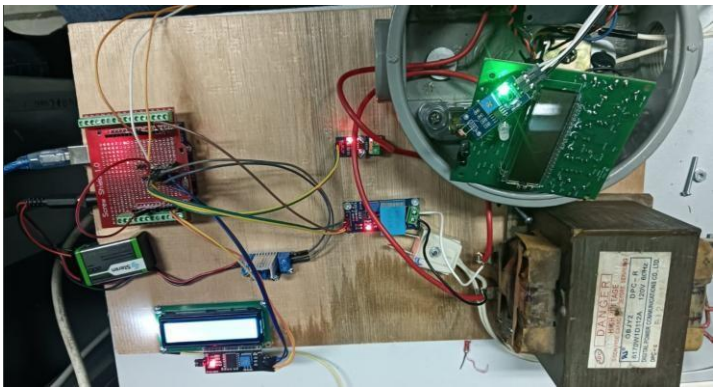


Ilustración 42 pulsos de watt/h con diferencia

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <ZMPT101B.h>
#include <Wire.h>

#define SENSITIVITY 179.5f  // Valor calibrado
ZMPT101B voltageSensor(A0, 60.0);  // Sensor en pin A0, frecuencia 60 Hz
// Dirección I2C de la pantalla (puede variar, comúnmente 0x27 o 0x3F)
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
int sensorPin = A0;   // select the input pin for the potentiometer
int ledPin = 13;      // select the pin for the LED
int sensorValue = 0;  // variable to store the value coming from the sensor
const byte pinPulso = 2;  // the number of the pushbutton pin
float SENSIBILITY = 0.066; // Modelo 30A
int SAMPLESNUMBER = 100;

volatile unsigned long contador = 0;
void printMeasure(String prefix, float value, String postfix)
{
  Serial.print(prefix);
  Serial.print(value, 3);
  Serial.println(postfix);
}
void setup() {
  lcd.init();          // Inicializa la pantalla
  lcd.backlight();     // Enciende la luz de fondo
  lcd.setCursor(0, 0); // Coloca el cursor en columna 0, fila 0


  lcd.setCursor(0, 1); // Coloca el cursor en columna 0, fila 1
  lcd.print("LCD 16x2 I2C");
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(pinPulso, INPUT_PULLUP);
```

```
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(pinPulso, INPUT_PULLUP);
  Serial.begin(115200);
  voltageSensor.setSensitivity(SENSITIVITY);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(pinPulso), contarPulso, FALLING);
}

void loop() {
  float voltage = voltageSensor.getRmsVoltage();

  lcd.setCursor(1,0);
    lcd.print("kWh: ");
    lcd.print(contador, 3);
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("voltaje: ");// mostrar con 3 decimales
    lcd.print(voltage);
  delay(500);
  lcd.clear();
  float current = getCorriente(SAMPLESNUMBER);
  float currentRMS = 0.707 * current;
  float power = 230.0 * currentRMS;

  printMeasure("Intensidad: ", current, "A ,");
  printMeasure("Irms: ", currentRMS, "A ,");
  printMeasure("Potencia: ", power, "W");
  delay(1000);
}
// Función que se ejecuta en cada pulso detectado
void contarPulso() {
  contador++;
}
float getCorriente(int samplesNumber)
```

```
60      contador++;
61    }
62    float getCorriente(int samplesNumber)
63    {
64      float voltage;
65      float corrienteSum = 0;
66      for (int i = 0; i < samplesNumber; i++)
67      {
68        voltage = analogRead(A1) * 5.0 / 1023.0;
69        corrienteSum += (voltage - 2.5) / SENSIBILITY;
70      }
71      return(corrienteSum / samplesNumber);
72    }
```

Ilustración 43 circuito diseñado con las condiciones

3.3 INTERCONEXION DE CIRCUITO PROGRAMADO Y CONEXIÓN DE MODULOS

En esta etapa se realizó la integración final de los diferentes módulos y sensores previamente probados de manera individual. El objetivo fue ensamblar todo el sistema en un solo prototipo funcional, donde la programación desarrollada en Arduino coordina las lecturas de los sensores de voltaje, corriente y módulo fotosensible, así como la visualización en la pantalla LCD.

La interconexión se llevó a cabo de la siguiente manera: el Arduino Uno fungió como núcleo del sistema, recibiendo las señales de los sensores de corriente (ACS712), de voltaje (ZMPT101B) y del módulo fotosensible (LDR) encargado de detectar los destellos LED del medidor de prueba. Estos valores fueron procesados en el programa cargado al microcontrolador, el cual convierte cada pulso registrado en una equivalencia de un watt-hora. Para efectos de verificación, se determinó que la carga de referencia (transformador de microondas a 127 V) genera aproximadamente un pulso cada 33 segundos, lo que equivale a un consumo esperado de seis pulsos en un periodo de tres minutos.

Con esta configuración, se realizaron pruebas comparativas entre la lectura real del medidor digital de CFE y los valores obtenidos por el prototipo. En condiciones normales, los pulsos del LED deben coincidir con los cálculos del sistema en el tiempo estimado. Sin embargo, cuando se simula una alteración interna del medidor (por ejemplo, un "puente" o "diablito" colocado de fase a fase con un cable calibre 14 que evita el paso por el sensor interno del medidor), el intervalo de pulsos se incrementa. En lugar de obtenerse un pulso cada 33 segundos, se observaron lapsos de hasta 60 segundos por pulso, evidenciando una disminución en la registración del consumo.





Ilustración 44 sensor de pulsos y registros en la tarjeta LCD

Esta comparación permitió demostrar que el prototipo es capaz de detectar anomalías de funcionamiento de manera práctica y económica, mostrando en la pantalla LCD tanto el conteo de pulsos como el tiempo de cada intervalo. De esta manera, la interconexión de todos los módulos no solo integra las funciones de medición eléctrica, sino que también facilita la validación de posibles intervenciones internas en los medidores de prueba.

3.4 RESULTADOS Y PRUEBLA COMPARACION

A partir del marco teórico y de las pruebas unitarias, se integró un prototipo de verificación basado en Arduino que mide tres señales clave: corriente (ACS712), voltaje (ZMPT101B) y pulsos del LED del medidor (módulo fotosensible LDR). La interfaz con LCD I2C 20×4 permitió observar en campo el conteo de pulsos, tiempos entre pulsos y magnitudes eléctricas básicas, sin depender de una PC.

El presupuesto total del prototipo fue de $2,165.00 MXN, incluyendo Arduino, sensores, display, base monofásica 4×100, bornes, cables y ferretería.

3.4.1 PROGRAMACIÓN Y LÓGICA DE MEDICIÓN

La programación integró:

- Interrupciones para contar pulsos del LED con antirrebote temporal.
- Cálculo de energía acumulada (kWh) y potencia instantánea (kW) a partir del tiempo entre pulsos.
- Lectura de corriente y voltaje para contextualizar las condiciones de carga.
- LCD 20×4 para mostrar: Pulsos, kWh, kW, e impulsos/kWh configurado.

Fórmula base (cuando el medidor indica su "constante"):

$$\text{pulsos/seg} = \frac{P\ (\text{kW}) \times \text{imp/kWh}}{3600} \quad \Rightarrow \quad \text{intervalo por pulso (s)} = \frac{3600}{\text{imp/kWh} \cdot P(\text{kW})}$$

Si el método de campo que usas considera **1 Wh por pulso** (1 Wh/pulso), entonces:

$$P(\text{kW}) = \frac{1\ \text{Wh}}{\text{intervalo (h)}} = \frac{0.001}{\text{intervalo (h)}}$$

Ecuación 2 formula base para el proyecto

3.4.2 PRUEBA DE COMPARACIÓN (NORMAL VS. INTERVENIDO)

Condición de referencia (normal):
Con la carga de prueba conectada, el sistema midió un pulso cada ≈33 s. En un intervalo de 180 s se obtienen ≈5–6 pulsos, lo cual es consistente con el consumo esperado de la carga.

Condición alterada (intervenida):
Se simuló un "puente" fase–fase (sin pasar por el sensor interno del medidor) usando un calibre 14 para provocar sub-registro. En esta condición el intervalo por pulso se desplazó a ≈60 s, lo que reduce los pulsos a ≈3 en 180 s.

Gráfica 1 – Pulsos acumulados (180 s)
Muestra la divergencia entre el comportamiento normal y el intervenido.

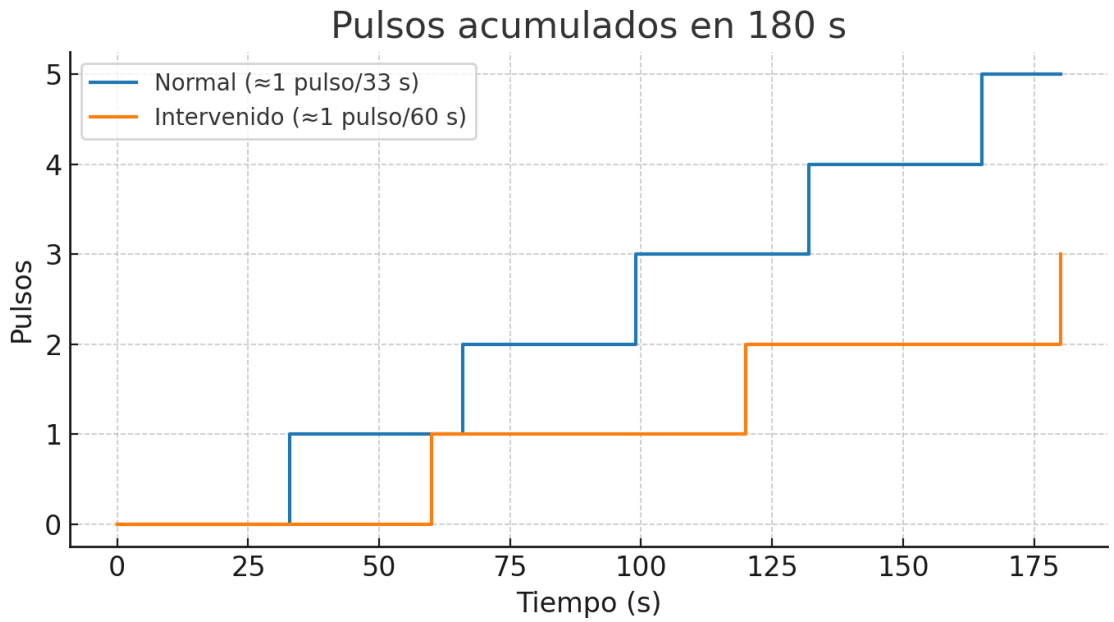


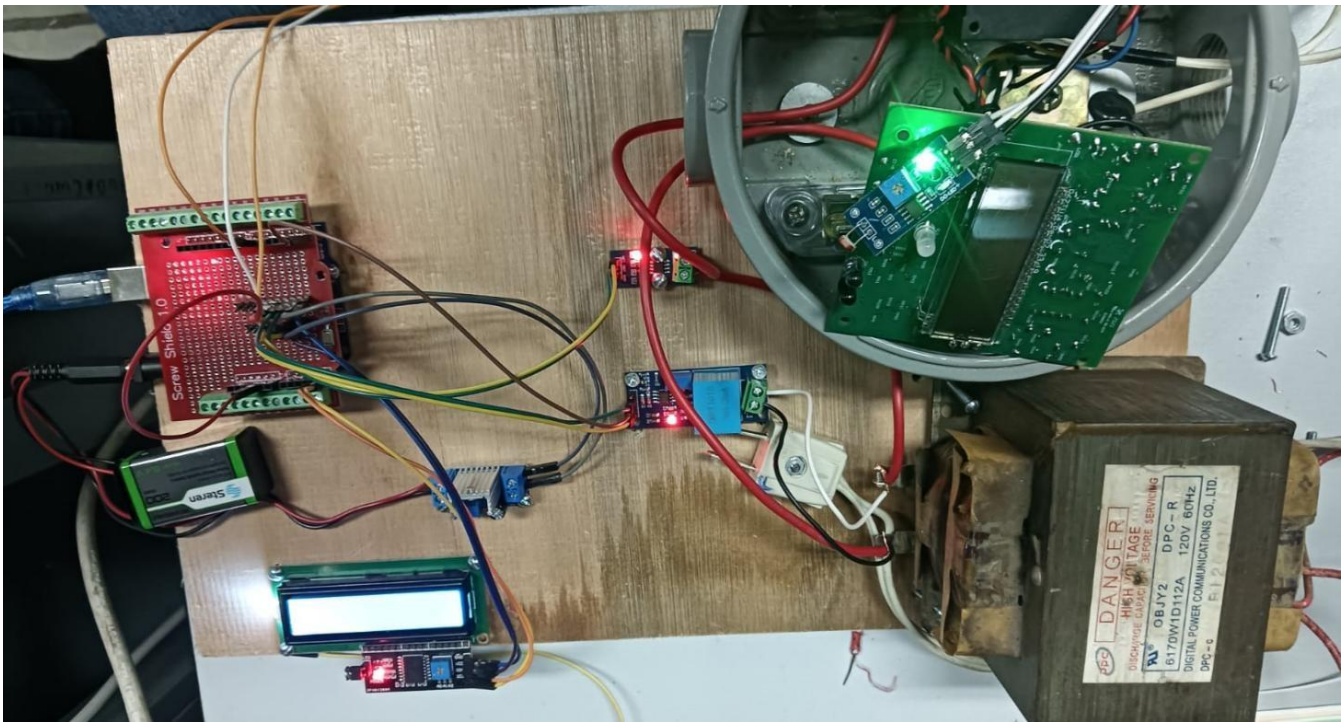
Ilustración 45 pulsos acumulados al correr programa

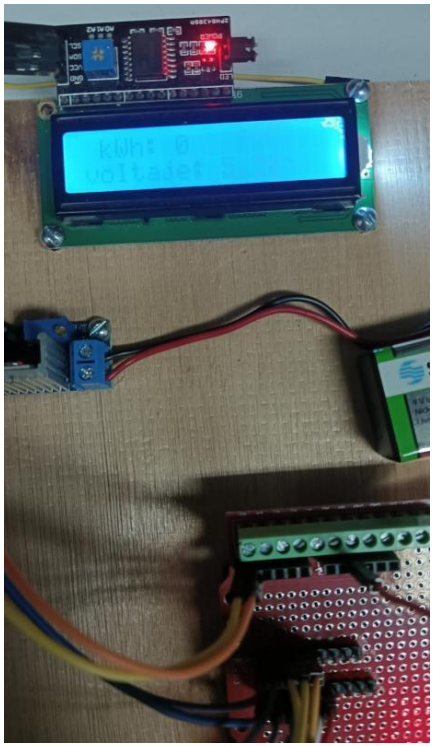
3.4.2 RESULTADOS CUALITATIVOS EN CAMPO

- El LCD permitió la lectura inmediata de pulsos y tiempos, facilitando decisiones rápidas sin equipo adicional.
- El uso de Arduino + sensores hizo posible un costo u trabajo, manteniendo coherencia con los tiempos de referencia del medidor.
- El prototipo no reemplaza la calibración formal de laboratorio; complementa la operación al detectar rápidamente medidores cuyo comportamiento no coincide con la carga aplicada y el tiempo de referencia.

EL circuito para el prototipo cumplió su objetivo de brindar una comparación rápida entre lo que debería registrar un medidor y lo que realmente registra bajo una carga controlada. En la condición normal, el comportamiento temporal de pulsos se mantuvo dentro del rango esperado. Al simular una intervención, los pulsos se espaciaron (≈60 s), demostrando que el sistema detecta sub-registro de manera simple, visual y repetible.(en las siguientes imágenes 46 se muestra el circuito final)

Desde el punto de vista económico, la solución representa menos del 1 % del costo de un calibrador comercial, habilitando su adopción masiva como herramienta de pre-diagnóstico. El proyecto se consolida, así como una alternativa viable, sustentable y alineada con la operación de campo de CFE, con el potencial de seguir evolucionando hacia registros y reportes más robustos.





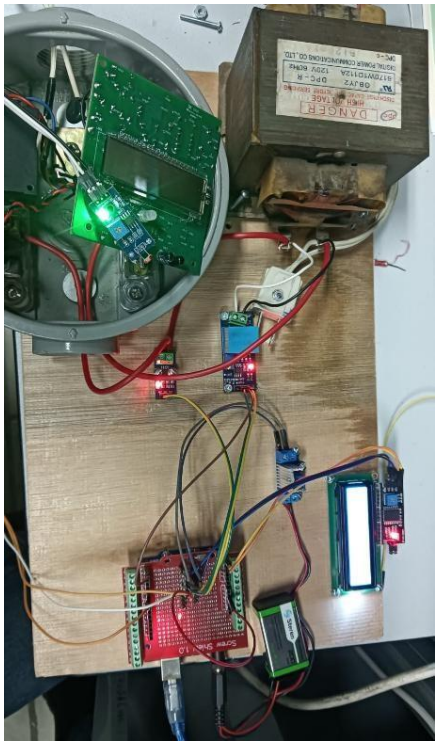


Ilustración 46 unificación de circuito y proyecto final

3.4.3 SEGUNDA PROPUESTA DE CARGA UTILIZADA

Esta segunda propuesta se utilizó un foco incandescente de 100 w el cual nos consumía un pulso ya no cada 33 segundos sino cada 35 segundos; ventajas de esta prueba que se utilizó es mucho menor peso su forma de conectar es más adecuada y note ocupa tanto espacio sus desventajas es la luz y el calor producido del mismo el cual se podría utilizar una protección adecuada para este foco incandescente para esto sólo se utilizó un pequeño cambio en el circuito porque hablamos de segundos de que cada 33 segundos que nos daba nuestro transformador ahora era cada 35 segundos nos daba el pulso de watts nuestro foco incandescente por ende no cambiaba relativamente nada el que se utilizó de igual manera y es funcionarle en todo aspecto en la imagen 47 Se muestran la carga utilizada con una caja negra de protección para que no lastime su luz incandescente esta carga también fue muy factible utilizarla y sus adecuaciones no afectan en lo más mínimo esta propuesta también es muy satisfactoria para poder llevarla a cabo en campo.

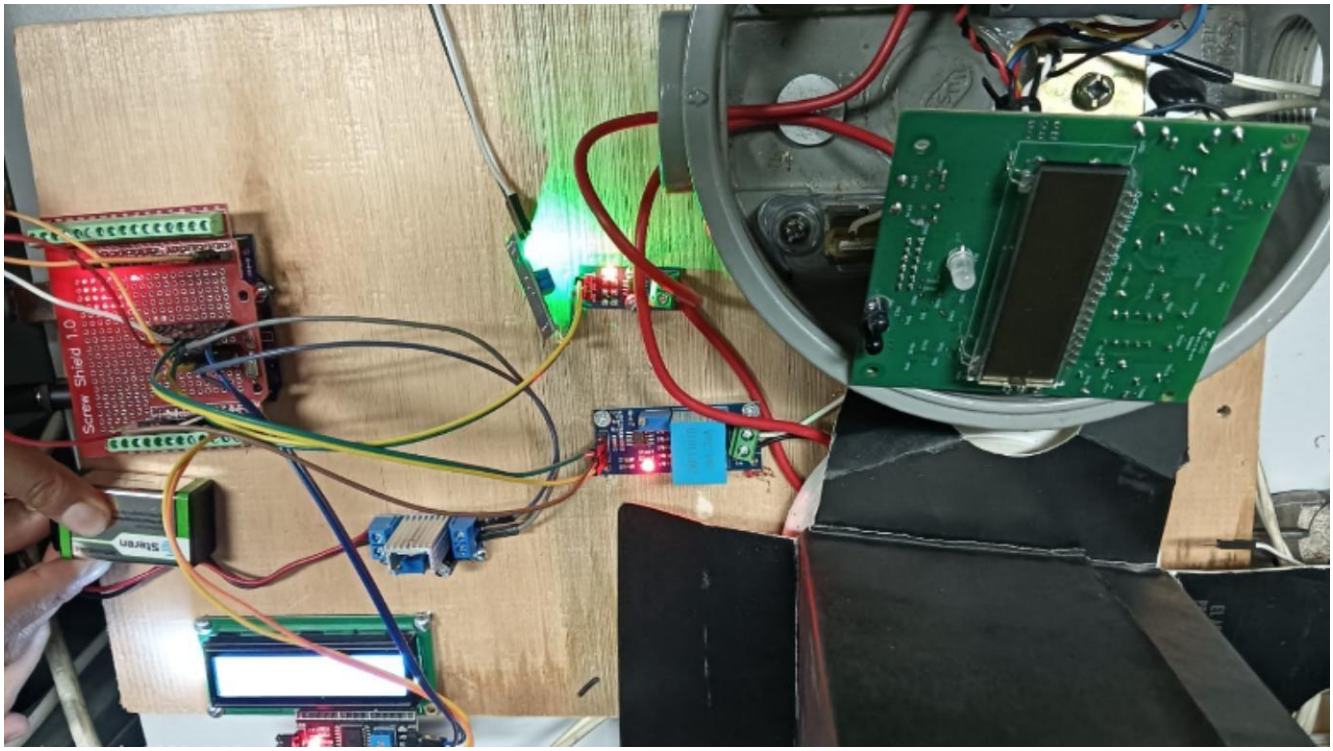


Ilustración 47 segunda propuesta con carga incandescente

3.5 PRUPUESTA DE CARGA INSTANTANEA POR ASESOR

Recordemos que la carga instantánea del Transformador de microondas que se utilizó para este circuito es relativamente pesada para poderlo incluir en un prototipo 3D y llevarlo a campo. Por ende, con ayuda del asesor interno del tecnológico de Apizaco el ingeniero Raúl Salvador Montero se hizo también la propuesta de poder utilizar un cautín de aproximadamente 30 amperes de carga instantánea a 127 V el cual sería utilizado como carga instantánea con menor peso, una ventaja de este trasformador es que tiene un peso menor al trasformador del microondas.

Cabe recalcar que para que se pueda disipar el calor de este cautín se podría utilizar algún tipo de diseño de cajón de fierro interno que no afecte el prototipo internamente y el cual para su propuesta en vez de utilizar los 8.80 amperes Se utilizarán los 30 amperes aproximadamente de carga qué nos ofrece el cautín por ende se tendría que recalcular nuestro sensor de corriente nuestros pulsos intervenidos y nuestros pulsos reales que se tendrían pero eventualmente eso sería solamente hacer un mejor código de programación y mejorarlo teniendo ahora las condiciones para su nuevo registro y seguir a cabo la misma situación ejemplo; si ahora teníamos que en 180 segundos íbamos a tener 5 pulsos con los 8.80 amperes aproximadamente que nos ofrecía el transformador que tenemos la nueva carga instantánea en 180 segundos aproximadamente nos iba a ofrecer de 10 a 15 pulsos por lo cual tendríamos que en nuestro código poner una nueva condición que diga que ahora la lectura sería cada cierto tiempo y para cierta corriente y modificar esa parte donde no había problema se muestra la carga del cautín que es viable.

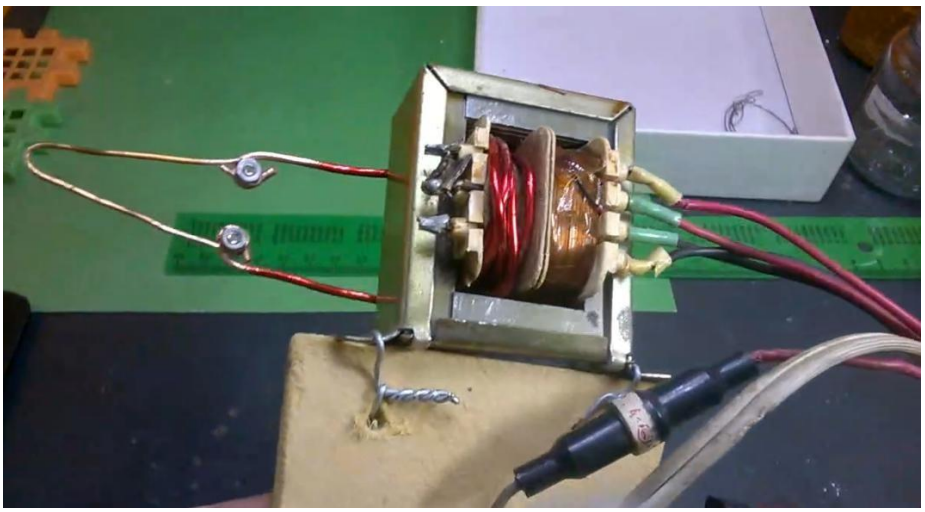


Ilustración 48 cautín de 30 amperes. aproximadamente

En el diagrama final se vería de la siguiente manera instalado este transformador de cautin:

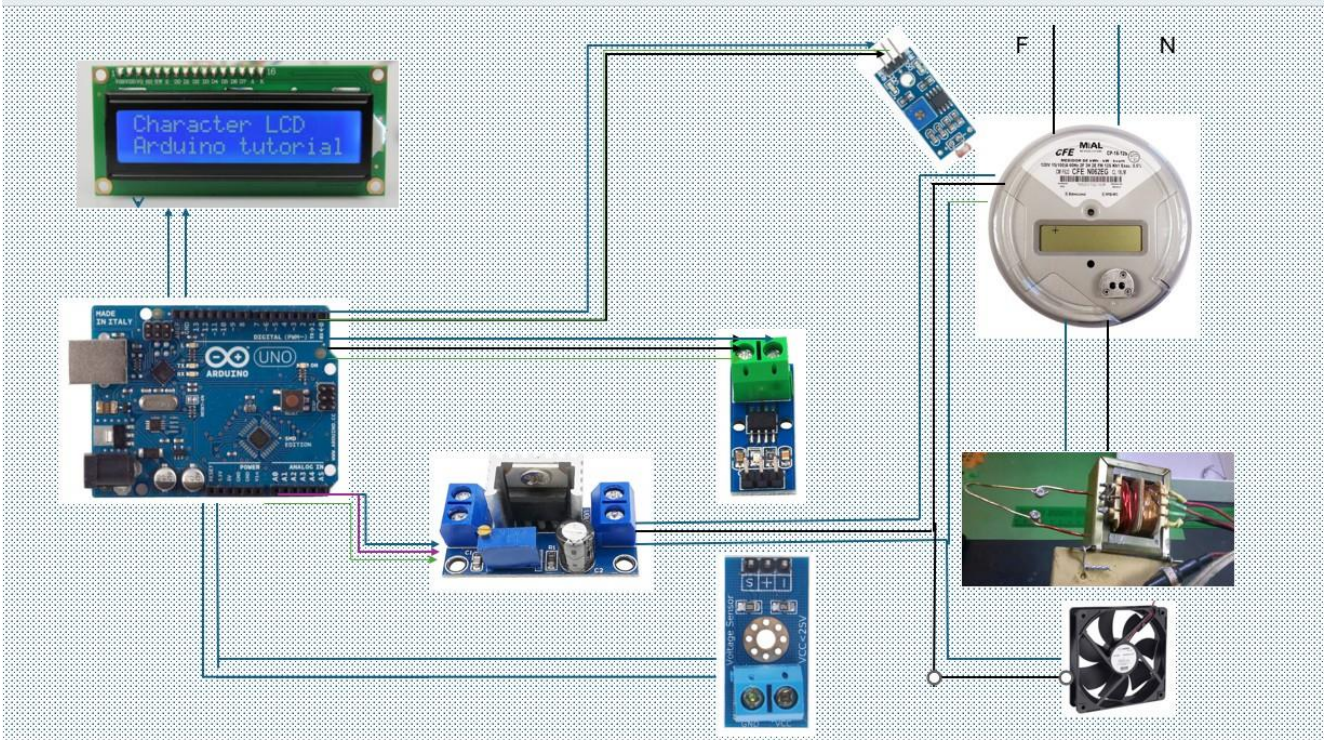


Ilustración 49 Simplificación de circuito con propuesta 2 de carga artificial

Cabe recalcar que en esta propuesta alimentar el prototipo se debe dar a poner este transformador en tipo cortocircuito con su respectivo regulador de voltaje y su precaución necesaria que se puede utilizar. Por ejemplo, se deberá de poner en una caja negra donde tenga una ventilación adecuada con un ventilador que puede trabajar a 120 V directo y este mismo servirá para la ventilación de nuestro transformador de la propuesta 2 y podría adecuarse sin problema a nuestro circuito.

CAPITULO 4 CONCLUSIONES Y COMPETENCIAS DESARROLLADAS

4.1 CONCLUSIONES PERSONALES

Durante los seis meses de residencia profesional en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), Agencia Comercial Apizaco, Tlaxcala, tuve la oportunidad de integrarme a un entorno laboral que combina la parte administrativa, técnica y operativa de una de las empresas más grandes y estratégicas de México.

Las actividades realizadas me permitieron comprender la importancia del control y supervisión en la medición eléctrica, así como el papel central que tiene la facturación precisa para mantener la confianza de los usuarios y la estabilidad financiera de la empresa. El involucrarme en procesos como la verificación de ajustes de consumo, supervisión de cortes y reconexiones, validación de lecturas y detección de anomalías en medidores me dio una perspectiva práctica de la magnitud de la responsabilidad que conlleva el suministro eléctrico a millones de personas.

Otro aspecto fundamental fue el desarrollo del prototipo de carga artificial, un proyecto que partió de la identificación de una necesidad real: la falta de herramientas accesibles y portátiles para detectar anomalías en los medidores eléctricos de baja tensión. El diseño, programación y prueba del prototipo no solo me permitió aplicar conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería, sino también crear un producto de valor agregado que en un futuro podría convertirse en una solución viable para complementar las prácticas de verificación en campo.

En la siguiente imagen se muestra una forma en la cual el prototipo no puede ser utilizado ya que esta anomalía es exterior a la del sello de capelo.



Ilustración 50 anomalía en base



Ilustración 51 medidor sellado verificado en campo

El proceso no estuvo exento de retos: desde la búsqueda y compra de materiales, la integración de sensores y módulos, hasta la programación del circuito en Arduino y la interpretación de los resultados. Cada etapa requirió paciencia, análisis y aprendizaje continuo. Sin embargo, el logro más significativo fue comprobar que con una inversión mínima en comparación con los equipos comerciales de alto costo, es posible detectar irregularidades en los medidores de forma confiable, validando la viabilidad técnica y económica del prototipo. Por ejemplo en el transcurso de supervisión en campo se localizan servicios que pasa energía a servicio, predios con ajuste el cual para evitar el robo de energía se toma la decisión de hacer el corte ya que la única empresa la cual te puede proporcionar energía eléctrica es CFE y no como algunas personas quieren evitar su ajuste y toman energía de algún vecino o directos a CFE distribución como se observa en las siguientes imagenes.



Ilustración 53 predio con ajuste

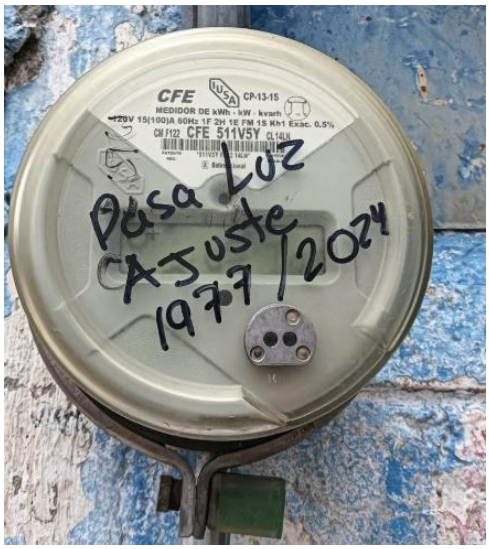


Ilustración 52 en supervisión en campo se opta por cortar servicio vecino y deja especificaciones

En conclusión, la residencia profesional representó una experiencia integral donde pude unir la teoría aprendida en las aulas con la práctica en campo. Contribuí en los procesos internos de la CFE, desarrollé un proyecto innovador, y al mismo tiempo fortalecí mis competencias profesionales, interpersonales y técnicas, consolidando mi formación como ingeniero.

4.2 COMPETENCIAS APLICADAS

Durante la residencia puse en práctica conocimientos y habilidades que había adquirido previamente en la carrera y en experiencias académicas. Entre las principales destacan:

Conocimientos técnicos:

- Aplicación de principios de electrónica, circuitos en corriente alterna y medición eléctrica.
- Manejo de microcontroladores (Arduino Uno) y programación en C/C++.
- Interpretación de especificaciones de medidores eléctricos y normas de facturación.
- Habilidades de análisis y gestión:
- Verificación y validación de ajustes de consumo mediante el sistema SINOT.

- Supervisión de procesos de cortes, reconexiones y lecturas bimestrales.
- Identificación de anomalías y documentación de casos especiales.

Competencias profesionales:

- Trabajo en equipo con personal sindicalizado y supervisores.
- Comunicación efectiva en presentaciones internas y reportes técnicos.
- Cumplimiento de tiempos y procedimientos establecidos en la Agencia Comercial.

4.3 COMPETENCIAS DESARROLLADAS

A lo largo de la residencia también adquirí y perfeccioné competencias nuevas, tanto técnicas como blandas, que fortalecen mi perfil profesional:

Competencias técnicas desarrolladas:

- Diseño de prototipo de carga artificial con sensores de voltaje, corriente y pulsos de LED.
- Integración de hardware y software para la medición de consumos eléctricos.
- Elaboración de pruebas comparativas .

Manejo de equipos de medición como multímetros de gancho y módulos de prueba.

Competencias blandas desarrolladas:

- Resolución de problemas ante limitaciones de recursos y materiales.
- Adaptabilidad a un entorno laboral de gran responsabilidad.
- Organización y planeación de actividades en periodos determinados.
- Responsabilidad ética al tratar con información sensible de usuarios y consumos eléctricos.

Síntesis en tabla de competencias		
Categoría	**Competencias aplicadas**	**Competencias desarrolladas**
Técnicas	Electrónica y circuitos en CA; programación en Arduino; verificación de medidores	Diseño de prototipo Arduino; integración hardware–software; análisis de pulsos y cargas
Gestión	Validación de ajustes en SINOT; supervisión de lecturas y reconexiones	Planeación de pruebas; documentación de resultados; control de tiempos
Profesionales	Trabajo en equipo; comunicación en reportes y presentaciones	Toma de decisiones en campo; mejora de la capacidad de análisis
Blandas	Responsabilidad; puntualidad; ética profesional	Adaptabilidad; resolución de problemas; liderazgo en actividades de campo

Tabla 3 tabal de síntesis de competencias

CAPITULO 5 FUENTES Y ANEXOS

- **[1]EPS CFE DISTRIBUCIÓN GERENCIA DE LAPEM(CFE GWH00-34)**

]**https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/f/GWH00-34.pdf**

- [2]Electricos, C.Raul.MXN (2020, febrero 14). . Circuitos Eléctricos programables. https://www.circuitos-electricos.com/arduino-uno/
- [3]Electricos, C. (2020, febrero 14). *ARDUINO UNO*. Circuitos Eléctricos. https://www.circuitos-electricos.com/arduino-uno/
- [4]Salvador, I. M. (2020, abril 9). *Sensor de Corriente ACS712 con Arduino*. Blog Arduino, LabVIEW y Electrónica. https://electronicamade.com/sensor-de-corriente-acs712-con-arduino/
- [5]*ZMPT101B Sensor De Voltaje AC 2mA*. (s/f). UNIT Electronics. Recuperado el 21 de agosto de 2025, de https://uelectronics.com/producto/zmpt101b-sensor-de-voltaje-ac-2ma/
- [6]Lozano, R. (2018, junio 8). LCD 20 X 4 Con Luz De Fondo Azul Con Interfaz I2C. *Talos Electronics*. https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/lcd-20-x-4-con-luz-de-fondo-azul-con-interfaz-i2c
- [7]*SCREW SHIELD 1.0 PARA ARDUINO UNO TERMINAL DE CLEMAS TORNILLO EXPANSION BOARD*. (s/f).

- [8]*LM317 Regulador Step Down 20W 2A*. (s/f). UNIT Electronics. Recuperado el 21 de agosto de 2025, de https://uelectronics.com/producto/modulo-regulador-lm317-step-down-4-5-40v-a-1-2-37v/
- [9] (S/f). Ariat-tech.es. Recuperado el 25 de agosto de 2025, de https://www.ariat-tech.es/blog/common-faults-and-repair-guide-for-microwave-oven-transformers.html#:~:text=El%20transformador%20de%20alto%20voltaje,esperanza%20de%20proporcionar%20informaci%C3%B3n%20%C3%BAtil
- [10]El octavo, B. (2020, noviembre 27). *Sensor fotorresistencia, LDR*. El Octavo Bit. https://eloctavobit.com/modulos-sensores/sensor-fotorresistencia-ldr

CARTA DE NO INCONVENIENTE

Gobierno de México | CFE

División Centro Oriente
Zona de Distribución Tlaxcala
N° de oficio APR-0075-2025

Apizaco, Tlax. A 11 de agosto de 2025
Asunto: CONSTANCIA DE NO INCONVENIENCIA

Dra. Yesica Imelda Saavedra Benítez
Directora del Instituto Tecnológico de Apizaco

Lic. María Valeria Montiel Márquez
Jefa del Departamento de Gestión Tecnológica y Vinculación
Instituto Tecnológico de Apizaco

Presente

Por medio del presente, me permito comunicarle que el **C. Roberto Fernandez Periañez** con numero de control **20370468**, estudiante de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** en el **Instituto Tecnológico de Apizaco**, desarrollo el proyecto titulado **"Prototipo de carga artificial para determinar eficiente de medidores en baja tensión"** durante el periodo comprendido del 10 de febrero al 10 de agosto de 2025.

En virtud de lo anterior, me permito informarle que esta empresa **Comisión Federal de Electricidad,** no tiene ningún inconveniente alguno de autoriza que el alumno presente dicho proyecto con fines académicos.

Agradecemos de antemano su atención y quedamos a su disposición para cualquier aclaración que pueda requerir

ATENTAMENTE

Lic. Adrián Pérez Rodríguez
Jefe de Oficina Facturación Agencia Apizaco

CFE COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD
DIVISION CENTRO ORIENTE
ZONA TLAXCALA
11 AGO 2025
RECIBIDO
AGENCIA APIZACO

2025 Año de La Mujer Indígena

Álvaro Obregón 201, Centro, 90300 Ciudad de Apizaco, Tlax. www.cfe.mx