Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Diseño de un sistema de acceso remoto, para la verificación y control de las condiciones en el ambiente que presentan los medidores inteligentes de alta demanda.

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

José Antonio Muñoz Chacón

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios. En los casos en que he utilizado bibliografía he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas. En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final. José Antonio Muñoz Chacón Cartago, 20 de diciembre de 2012 Céd: 206550039

Instituto Tecnológico de Costa Rica Escuela de Ingeniería Electrónica Proyecto de Graduación Tribunal Evaluador

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal

Ing. José Alberto Díaz

Profesor lector

Ing. Leonardo Rivas

Profesor lector

Ing. Javier Pérez R.

Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica.

Cartago, 3 de mayo de 2012

Resumen

El presente proyecto está ubicado en el área de calidad y medición y tiene como meta el contribuir en el mantenimiento y la seguridad en la que se encuentran los medidores de máxima demanda, utilizados por el ICE para la facturación.

Generalmente la medición se encuentra rodeada de una serie de factores que afectan el funcionamiento normal. Tales son la teperatura, la humedad, la desconexión de fases y la manipulación erronea del medidor; lo que dificulta el proceso de facturacion y el funcionamiento del mismo. Es por ello que surge la necesidad de diseñar un sistema de acceso remoto que verifique y acondicione la medición para facilitar la interrogación del medidor y el alamcenamiento de la información.

Actualmente se tienen avances en el acceso remoto hacia los medidores de máxima demanda para la interrogacion de los mismo, por lo que el presente proyecto será una adpatación que permita conocer en tiempo real las condiciones de temperatura y humedad en la que se encuentra la medición, el estado de las fases y la apertura forzada del medidor.

Palabras clave: medición, seguridad, comunicación inalámbrica.

Abstract

This project is located in the area of quality measurement and aims to contribute to the maintenance and security which are peak meters used by the ICE for billing.

Measurement is usually surrounded by a number of factors interrupting normal operation. Such are the teperature, moisture, removal of steps and wrong handling of the meter; which makes the process of billing and operation. That is why there is a need to design a remote access system to verify the measurement and condition to facilitate interrogation Storage space meter and Information.

Currently there have been advances in remote access to meters peak demand for the interrogation of the same, so This project will be an adaption that can be traced at real-time temperature and humidity conditions in which the measurement is the state phase and the forced opening of the meter.

Keywords: measurement, Security, wireless communication.



Agradecimientos

Primero que nada a Dios por haberme dado las fuerzas y haberme permitido llegar hasta este momento.

A mis padres por su incondicional apoyo aún en los momentos más difíciles sin el cual nada de esto hubiera sido posible. A mis hermanos por estar siempre con migo.

A mis compañeros, al personal del ICE por todo el apoyo brindado, al Ing Javier Perez Rodríguez, al Ing Jorge Rodríguez y al Señor Uriel Céspedez C. por su invaluable ayuda.

A todos ellos mis más sincero agradecimiento...

José Antonio Muñoz Chacón

Cartago, 20 de diciembre de 2012

Índice general

ln	dice	de figuras	111
Ín	dice	de tablas	vii
1	Intr 1.1 1.2	Problema existente e importancia de la solución	1 1 5
2	Met 2.1 2.2 2.3	Meta	9 9 9
3	Mai 3.1 3.2 3.3 3.4	Características en la etapa de medición	11 11 15 22 24
4	Pro 4.1 4.2	cedimiento Metodológico Trabajo de campo realizado y reconocimiento	27 27 31
5	5.1 5.2 5.3 5.4	ema de verificación remota para clientes de máxima demanda Etapa de transducción de humedad y temperatura	37 37 40 47 53
6	Res	ultados y Análisis	61
7	Con 7.1 7.2	Conclusiones y Recomendaciones Conclusiones	69 69
8	Bib	liografía	71

ii	Índice general

A Apéndice				
	A.1	Glosario, abreviaturas y simbología	75	
	A.2	Manual de usuario	76	

Índice de figuras

1.1	Sistema de base de datos y Primeread	2
1.2	Proceso rudimentario de almacenamiento de datos	3
1.3	Características del sistema de facturación	4
1.4	Problemas típicos en los medidores	5
1.5	Diagrama general de la solución	6
1.6	Diagrama de bloques de la solución	8
3.1	Analizadores de calidad de energía	12
3.2	Curva de Cbema para el requerimiento de la tolerancia en equipos de infor-	
	mación.[3]	13
3.3	Módem Interno Telefónico 3 (ITM3).[5]	15
3.4	UDS1100 LANTRONIX.[6]	15
3.5	División Valle Central.[22]	18
3.6	Precipitaciones del Valle Central.[22]	18
3.7	Variación de la temperatura.[22]	19
3.8	Sellos simples de seguridad.[24]	20
3.9	Cerraduras controladas electromagnéticemente.[25]	20
3.10	Cerraduras electrónica Normalmente abierta.[26]	21
3.11	Estructura y partes de un rele.[27]	21
	Sistema empotrado TS-7200.[10]	22
3.13	Programa Minicom de comunicación PC y TS-7200	23
3.14	Diagrama de bloques del EP9202.[10]	24
3.15	Teclado matricial de 4x4.[11]	24
	LCD Alfanumérico 2x24.[12]	25
3.17	WiFi-g-USB-2 (Asus WL-167g).[13]	25
3.18	Reloj en tiempo real. TS-5620.[14]	25
4.1	Condiciones en la interrogación de medidores	28
4.2	Pruebas de calibración para medidores de energía	29
4.3	Pruebas de FP y calidad de energía	30
4.4	Instalación completa de la medición.	31
4.5	Reparación y calibración de los medidores en el laboratorio.	32
4.6	Modificaciones a las PCB	35
4.7	Pagína principal de la página web.	36

iv Índice de figuras

5.1	Transductor de temperatura AD590.[16]	38
5.2	Diagrama de flujo para la tempertura y humedad SHT	40
5.3	Diagrama de bloques general de la solución	41
5.4	Circuito esquemático del sistema de detección de fases	42
5.5	PCB para la conexión de fases	43
5.6	Diagrama de bloques general de la solución	44
5.7	Circuito esquemático para la multiplexación de pines	45
5.8	Circuito impreso para la multiplexación de pines.	45
5.9	Diagrama de flujo para la verificación de las fases	46
5.10		47
5.11	Prototipo caja en acero inoxidable	47
	Prototipo de sello electrónico	49
5.13	Diagrama eléctrico para control de sello	50
5.14	Diagrama para la apertura de sello electrónico SSE	51
5.15	Diagrama para la apertura de sello electrónico SSE	52
	Crosscompilación kernel 2.6.[19]	53
	Configuración de módulos para kernel 2.6	54
	Configuración Asus WL-167g.[13]	54
	Configuración del servidor apache y php5.[21]	55
	Diagrama para la visualización en la web	56
	Diagrama para la visualización en la web	57
	Diagrama de flujo para la UCC	59
6.1	Prueba de conexión de fases	65
6.2	Prueba de comunicación con el sistema	67
6.3	Estado sello	68
A.1	Pagína principal de la página web.	76
	Menu página web	77
	Información menú de inicio.	77
A.4	Correo de verificación.	78
A.5	Caja metalica del sistema.	78
A.6	Menu página web	79
A.7	Menu página web	79
	Visualización interfaz temperatura	80
	Visualización interfaz temperatura y humedad	80
	Datos de muestreo de temperatura y humedad	80
	Interz apertura de sello.	81
	Menú sello pricipal	82
	Procesamiento sello principal.	82
	Validación sello	82
	Menu sellos secundarios.	83
	Validación sello	83
	Estado de sellos.	84
1 T · T /		04

,	
Índice de figuras	\mathbf{v}

A.18 Menu de cerrado sellos	84
A.19 Estado sello principal	84
A.20 Cerrado sello principal	85
A.21 Monitoreo fases del medidor	85
A.22 Estado de fases en el medidor	85
A.23 Verificación estado de sello.	86

vi Índice de figuras

Índice de tablas

3.1	Periodos para la Tarita de Media Tensión	17
3.2	Dimensiones de las cajas empleadas en la medición	17
4.1	Costo de equipo a utilizar	33
4.2	Costo componentes adicionales	33
4.3	Costo total	34
4.4	Gastos de mantenimiento de la medición	34
5.1	Valores en memoria del ADC en el Cirrus EP9302	38
5.2	Constantes para cálculo de ancho de pista[28]	43
5.3	Ancho de pistas para el circuito impreso de las fases	43
5.4	Configuración red ICE	54
6.1	Niveles de tensión para el circuito de acople	61
6.2	Niveles de tensión para tecnología CMOS y TTL (5V)	62
6.3	Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase R	63
6.4	Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase S	63
6.5	Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase T	63
6.6	Corriente y potencia en la placa de acople	64
6.7	Valores de control para multiplexación de pines	64
6.8	Valores experimentales de temperatura	66
6.9	Valores experimentales de humedad	66
	Prueba de acople de impedancias para la etapa de transducción	66
	Latencia en el procesamiento de la información	67

viii Índice de tablas

t

Capítulo 1

Introducción

El sector del ICE encargado de la medición de energía eléctrica se encuentra en el Área de Calidad y Medición, localizada en las instalaciones del Plantel La Maravilla (Alajuela). Este departamento se encarga del control, calidad y medición sobre los sistemas de alta demanda. Para tal efecto, la medición es uno de los procesos de gran importancia que realiza el ICE, permitiendo mantener el equilibrio entre la generación y el consumo de la energía eléctrica. De esta manera procurar que las empresas de máxima demanda tengan un buen servicio y que las condiciones en las que se encuentran los medidores sean las mejores, es un proceso sumamente complejo, debido a las múltiples variables (temperatura, humedad, agentes externos ("contrabando, desconexión de fases")) que afectan la lectura y la seguridad del medidor.

El presente trabajo se ha enfocado en monitorear las condiciones en las que se encuentran los medidores para clientes de alta demanda, permitiendo tener un control en tiempo real de las variables que puedan afectar al medidor y conocer de forma remota si fue manipulado algún punto de la medición.

1.1 Problema existente e importancia de la solución

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), al ser el principal proveedor de energía eléctrica en Costa Rica, busca soluciones innovadoras para el mercado de la electricidad y las telecomunicaciones, para el bienestar de los clientes y el desarrollo del país.

Debido a que el número de empresas en nuestro país se ha incrementado, y con ellos la demanda en energía eléctrica sobre el mercado costarricense, ha provocado que la cantidad de usuarios que hacen uso del suministro eléctrico del ICE también haya experimentado un alza. Esto hace que los sistemas de medición necesiten una renovación y un aporte tecnológico que haga a la institución continuar sus procesos actuales (producción de energía eléctrica, en telecomunicaciones, etc.), mejorar el servicio a sus clientes y cumplir su misión como empresa líder.[1]).

Los medidores de estado sólido, aunque su costo es mayor y su vida útil sea similar a la que

poseen los medidores electromecánicos, son una herramienta integral que posee la capacidad de adaptarse a las necesidades de cualquier negocio. Esto se debe a que su función principal se basa en la posibilidad de la lectura e interrogación remota sobre el consumo de la energía eléctrica sobre una región.

Es importante mencionar que no solamente el punto de medición recibe una mejora con esta clase de medidores, sino también el Área de Medición (central ICE) el cual cuenta con el software Primeread, que fue creado por la compañía Primestone, el cual facilita la comunicación segura entre los medidores y los sistemas que requieren la información de consumo, facturación y validación.

Este software posee un sistema de recolección de datos electrónicos, diseñado para los usuarios finales, el cual trabaja con el Smart Metering Device, que registra los canales de las subestaciones y los clientes. La información de cada medidor puede ser consultada de manera programada a una determinada distancia y, además, se utiliza para la facturación, operación y balance energético.

La Figura 1.1 muestra un esquema del funcionamiento general del sistema Primeread. Se divide en tres etapas: el acople de salida, la manipulación de la información y el almacenamiento de los datos.

Este proceso cuenta con un servidor que es utilizado para almacenar toda la información, organizando las regiones que se facturan, así como el consumo de electricidad, el costo en kWh consumidos y otras características importantes de cada empresa (factor de potencia, armónicos, entre otros).



Figura 1.1: Sistema de base de datos y Primeread.

Aunque se dispone del sistema Primeread, el ICE ha establecido el acople de comunicación remota sobre un sector muy reducido (subestaciones de energía, zona de generación de energía

1 Introducción 3

en San Carlos, entre otras), que son lugares controlados y de fácil acceso. En la Figura 1.2 se muestra un esquema del sistema de interrogación manual implementado en la central ICE, mismo que está conformado por la etapa de interrogación al usuario final, el proceso de lectura, verificación manual de calibración de medidores, traslado, almacenamiento de información y cobro de la facturación.



Figura 1.2: Proceso rudimentario de almacenamiento de datos.

Por otra parte los medidores de energía para clientes de alta demanda, están sometidos a diversas condiciones (ambientales, de seguridad y de protección tanto al medidor, como a la medición), que lo hacen propenso a errores en la lectura de los datos. De esta manera los medidores son constantemente interrogados en el sitio, para la lectura de los datos, verificación de fallas en la red, localización de contrabandos en la medición (los clientes alteran el medidor para tener una lectura errónea), y pruebas de calibración.

Con el proceso de interrogación de forma manual sobre los medidores, se han generado limitaciones debido al error humano en la toma de la medición en el sitio, la vida útil del equipo utilizado para la interrogación, la utilización de sellos para mantener cerrados los medidores y las múltiples visitas sobre la zona de medición, que provocan ineficiencia y un mayor tiempo en la interrogación de los medidores.

De esta forma a través de la Figura 1.3, se observa un listado con las seis funciones que debe realizar el ICE para obtener la información del medidor y establecer la facturación del servicio de energía eléctrica. Sin embargo los procesos que conforman la facturación son cronológicos, es decir que la finalización de una fase depende de seis etapas las cuales cumplen un orden y que se encuentran muy ligadas una de la otra.

Como se puede observar en la Figura 1.3, a raíz de las funciones de la facturación se producen efectos que deterioran dicho proceso. Entre los cuales se puede mencionar los gastos innecesarios de combustible por las múltiples visitas a la zona de interrogación, lapsos de espera entre las etapas por las limitaciones de ingreso frecuente de personal; que provocan pérdidas de recursos y que pueden ser aprovechados de una forma más eficiente.

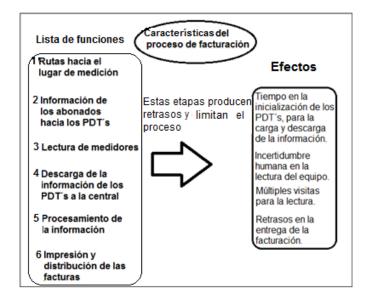


Figura 1.3: Características del sistema de facturación.

Por otra parte los medidores colocados en cajas metálicas para clientes de máxima demanda, los cuales son abonados que poseen un consumo mayor a 3000kWh. Este tipo de caja metálica es colocada en un lugar visible que permita la interrogación de los medidores, sin embargo en muchos casos no se les dan mantenimiento, y por el tipo de material, las condiciones ambientales, la seguridad y el sistema de bornes que posee para las pruebas de conexión de fases, provoca que se deterioren rápidamente y que las lecturas en la medición sean erróneas.

No obstante, los medidores son sometidos a diferentes pruebas de calibración, a través de un laboratorio portátil que permite identificar si el medidor se encuentra en buen estado. Sin embargo el interruptor de bornes que posee el medidor para la conexión y la desconexión con la red es antiguo y obsoleto.

Aunque el interruptor de bornes mostrado en la Figura 1.4, posee una caja plástica que evita descarga de electricidad, utiliza gran cantidad de sellos amarillos (Figura 1.4), los cuales son empleados como medio de seguridad para evitar el contacto con los bornes, reset de los medidores, las conexiones internas del medidor y como mecanismo de protección hacia personas ajenas a la institución (ICE).

Estos sellos como se visualizan en la Figura 1.4 son utilizados en gran cantidad, ya que la Auditoría Interna es la encargada de controlar la utilización de estos en cada una de las mediciones y revisa periódicamente el corte de los sellos en cada una de las actividades. Entre las cuales se encuentran, la lectura del medidor, pruebas de conexión de fases, verificación del factor de potencia, contrabandos de medidores y calibración de equipos. De esta forma en promedio salen 5 cuadrillas hacia los diferentes clientes de máxima demanda ubicados en Alajuela, Heredia y San José, generando un costo anual de sellos de alrededor de 2.000.000 de colones.

Sin embargo el problema de los sellos no es solamente en el costo económico, sino también en la protección del medidor. Como se puede observar en la Figura 1.4, estos sellos son fáciles de manipular, por lo que en ocasiones se cortan o se sustituyen por sellos erróneos a

1 Introducción 5



Figura 1.4: Problemas típicos en los medidores.

la agencia del ICE que se encarga de manipular ese medidor, ocasionando lo que ellos llaman "contrabandos", los cuales son formas que utilizan los clientes para perturbar la lectura del medidor y que se reduzca la lectura del consumo de energía eléctrica tomado por el medidor. Sin embargo al ser clientes de alta demanda los costos en la facturación son muy elevados, por lo que son empresas de suma importancia para el Institutito Costarricense de Electricidad.

Los "contrabandos" es una problemática que posee el ICE y que se ha venido dando desde tiempo atrás, sin embargo la correcta conexión de las fases de alimentación hacia el medidor y los trasformadores, son de vital importancia para la correcta lectura de los datos de facturación.

No obstante en algunos casos, existen compañías que utilizan un segundo medidor en conjunto con el ICE para verificar la correcta facturación de la energía, pero en ocasiones eliminan el medidor sin consular a la institución, dejando puntas al aire que pueden provocar cortos y lecturas erróneas en el medidor. Además el sistema de trasformadores que utiliza el medidor es antiguo, el deterioro de las conexiones en las fase por fenómenos atmosféricos, provocando la desconexiones de fase y la incorrecta lectura en el medidor.

1.2 Solución seleccionada

Este proyecto se ha enfocado en contribuir con el proceso de medición y en el mejoramiento de las condiciones que presentan los medidores de energía. La idea es proponer un diseño que permita la comunicación remota, para ello son seleccionados clientes de máxima demanda, ya que al ser empresas con un consumo mayor a 3000kWh los hacen puntos importantes para la institución. Por lo que es vital que la calidad de energía y la facturación que se les

proporciona sean procesadas debidamente por esta área del ICE. Además se seleccionó este sector, ya que se está innovando y estableciendo puntos de acceso a la medición a través de diferentes tecnologías (modem, IP, 3G), dando la viabilidadd al proyecto y parte importante en la verificación remota.

En la Figura 1.5 se puede observar el diagrama de bloques general de la solución, el cual consiste en el establecimiento de una comunicación bidireccional que permita verificar de forma remota, las condiciones ambientales y de seguridad que presentan los medidores en la zona de trabajo.

De esta manera el sistema de verificación utilizó sensores de temperatura y humedad, para los cuales las señales sean acondicionadas y digitalizadas con una incertidumbre menor o igual a 3 C, ya que en las condiciones que se encuentran los medidores necesita una confiabilidad rigurosa, por lo que se emplearon las hojas de datos y un medidor (indicador meteorológico 11.04.10 Couldy[22]) que permitiera respaldar la información adquirída por los sensores a través de google Wether.

Además es importante que el sistema esté monitoreando cada una de las fases para evitar cortos o lecturas incorrectas en la medición. De ahí la necesidad de establecer la conexión remota que trasfiera la información hacia la central, con un refrescamiento y lectura de la información. Debido a que las variaciones en la temperatura y la humedad no son tan aceleradas es importante que la conexión en las fases o la apertura de algún sello sea notificado con una tasa de refrescamiento más reducida, por lo que se establece un periodo de sesenta segundos que permita tener un ambiente de visualización definido con las fases y el sello.

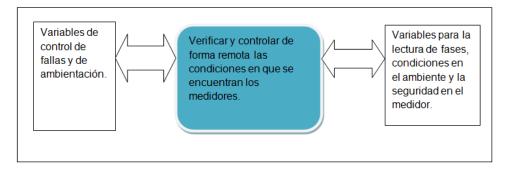


Figura 1.5: Diagrama general de la solución.

Para verificar las condiciones del sistema de medición, es importante investigar previamente las condiciones en las que se encuentran los medidores, así como las anomalías en la conexión de fases que pueden presentar los equipos, mejoras en materiales para la fabricación de las cajas y un sistema de bornes (interruptor de pruebas del medidor) más sofisticado.

En primera instancia, se trabajó en un sistema de potencia que permita detectar en que instante se desconecte alguna de las fases, para ello se trabajará con optoacopladores, que permitan detectar energía en las fases, un circuito que se acople a la red eléctrica y la localización de anomalías en las patillas de lectura del medidor o el incorrecto funcionamiento de alguna de las fases de los trasformadores.

Por otra parte se utilizará un sistema de cierre central que evite la manipulación de los

1 Introducción 7

medidores por personas ajenas a la institución. Para ello se propuso un prototipo de sellos electrónico, el cual se abrirá solamente con el código del medidor correspondiente, información que únicamente los técnicos poseerán o los encargados de las empresas que tengan la autorización del ICE, para ello se empleó un teclado matricial y un LCD, como mecanismos de visualización. Sin embargo una vez que se abre la caja metálica, se empleará el teclado matricial para digitar el numero de sello electrónico que se desea abrir, esto permitirá tener mayor control en la zona de trabajo y la reducción de costos sobre la utilización de los sellos convencionales.

Fue necesaria la programación de rutinas que permitan el control del sistema de cierre en la caja metálica, los sensores, la conexión con la red y el procesamiento de la información para cada una de las fallas que pueda presentar el sistema de medición.

El acceso remoto utilizará el estándar de la IEEE 802.11g el cual es una red inalámbrica LAN, especificado bajo el nombre comercial de WIFI, con un procesamiento de hasta 54Mbps, con una frecuencia central de 2.4GHz. Las ventajas con este tipo de tecnología es la conectividad inalámbrica y la seguridad en la red. Debido a que la mayoría de empresas utilizan no solo una medición, es decir que por los diferentes procesos emplean más medidores para leer el consumo de energía, hace que el sistema WIFI pueda interrogar los diferentes medidores a través de un nodo central que los comunique.

Por otra parte la comunicación con el internet está sujeto a los estándares de Ethernet, para lo cual será necesaria la utilización de Apache para el diseño de una página web, que permita la visualización, control del sistema, el monitoreo de cada una de las fallas que puede existir en el ambiente del medidor, así como el registro con la cantidad de veces y fecha en la cual fueron interrogados los medidores, permitiendo un mayor control del proceso de facturación.

La Figura 1.6 muestra el diagrama de bloques de la solución, la cual permite unir cada una de los módulos mencionados anteriormente. De esta manera, existe una etapa de comunicación remota con el internet que permite visualizar las fallas en el proceso de medición, para ello en el sitio de lectura se empleará una unidad de control central con capacidad de procesamiento de la información. Este control manejará tres módulos secundarios, el prototipo de cierre electrónico, el acople con las fases del sistema de red eléctrica y el módulo de monitorización de la temperatura y humedad.

Para ello se diseñaron rutinas que controlen el almacenamiento de los datos con la fecha y la hora en el cual fue abierto el medidor, así con los demás cierres electrónicos. Además de un sistema de códigos que permita identificar cual fase está desconectada para la toma de medidas de corrección en el lugar.

En cuanto a los medidores y el proceso de interrogación, debe cumplir con normativas internacionales como es el caso del estándar ANSI C 12.9, el cual contempla las características de servicio, seguridad y protección tanto de la instalación eléctrica del cliente como de la empresa. Estos estándares deben cumplir como mínimo con los porcentajes de error, ante pruebas establecidas, por las normas estadounidenses ANSI C 12.1, C 12.4, C 12.7, C 12.10, C 12.16, C 12.18, C 12.19 o C 12.20. De esta manera es importante que el sistema de comunicación cumpla con los requerimientos que estipula la Autoridad Reguladora de Servicios

Públicos (ARESEP) relacionados a los medidores y al proceso de interrogación.

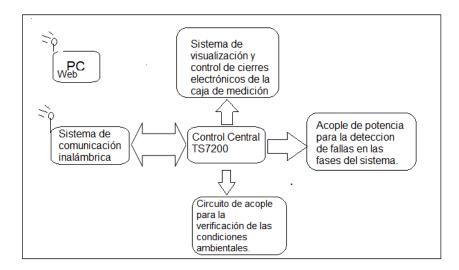


Figura 1.6: Diagrama de bloques de la solución.

En el capítulo 3 se cubren los aspectos teóricos necesarios para una completa comprensión de los temas aquí tratados, en el capítulo 5 se da una explicación detallada de los pasos seguidos para la implementación del sistema propuesto y por lo tanto cumplir con los objetivos planteados; en el capítulo 6 se analizan los resultados obtenidos tras la realización del proyecto y finalmente en la sección del capítulo 7 se dan las conclusiones obtenidas tras el análisi de los resultados 7.1, así como algunas recomendaciones para futuras implementaciones.

Capítulo 2

Meta y objetivos

2.1 Meta

Mejorar las condiciones en las que se encuentran los medidores de estado sólido para clientes de máxima demanda.

2.2 Objetivo General

Diseñar un prototipo de verificación remota para el monitoreo de las condiciones externas que afectan el funcionamiento normal de los medidores de máxima demanda.

2.3 Objetivos Específicos

- 1. Implementar un sistema de comunicación bidireccional WiFi que permita monitorear en tiempo real el ambiente del medidor.
- 2. Diseñar el módulo de acople con las fases de tensión que permita monitorear la conexión de estas con el medidor de estado sólido.
- 3. Implemetar un prototipo de sello electrónico para la verificación y seguridad en la medición.
- 4. Proponer e Implementar un módulo de acople entre la Unidad de Control y los sensores encargados de monitorear las condiciones ambientales.
- 5. Programar la Unidad de Control Central encargada de controlar los módulos de verificación ubicados en el medidor.

Capítulo 3

Marco Teórico

En esta sección se presentan todos los conceptos teóricos necesarios para una completa comprensión de los temas aquí tratados.

Como punto de partida se tratan las características importantes en la medición de máxima demanda, la unidad de control utilizada, para posteriormente definir el proceso de comunicación inalámbrico, las etapas de verificación sobre la medición y finalmente concluir con el control del sello electrónico.

3.1 Características en la etapa de medición

En una medición es importante que el usuario conozca las instrucciones de instalación, lo que permite establecer rangos de trabajo y mejoras en la calidad de energía. Al cumplir con las normas especificadas por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP) para mediciones de energía eléctricas permite establecer una base, ya que son punto importante en el desarrollo, regulación e implementación de los equipos a utilizar en el sitio de trabajo.

Uno de los aspectos importantes es la ubicación de los medidores, para ello la ARESEP presenta la norma técnica "Instalación y Equipos de Acometidas (AR-DTACO)", la cual establece en el apartado 2.4 de Servicios Eléctricos y Sistemas de Medición que:

"Los sistemas de medición serán instalados de acuerdo con las características del servicio, tomado en cuenta para ello: la seguridad y protección tanto de la instalación eléctrica del cliente como de la empresa; el acceso y facilidades para la instalación, y mantenimiento; así como la evaluación económica (costo - beneficio) correspondiente. Como referencia se usará lo indicado en la sección "7" de la norma estadounidense "American National Standart Code for Electricity Metering", ANSI C12.1-1982 o su versión más reciente" [2]

De esta manera cada sitio donde es colocado un medidor debe estar regido por la ARESEP y por los estándares ANSI; definiendo características como la altura en la cual debe estar el medidor (1.8m de la parte superior de la caja hasta el nivel del piso), el cableado de la acometida (cable de aluminio o cobre que se extiende desde el secundario hasta la industria,

con un máximo de 40m, sin uniones y cable 8AWG para sistemas trifásicos) y la regulación con la calidad de la energía; lo que hace vital que todo el proceso de servicio en la energía eléctrica cumpla con estas normativas.

Sin embargo el consumo de la energía eléctrica viene acompañado por lo que es la calidad de energía, ya que el ICE debe velar para que el cliente utilice su energía de fora normal y no se presenten interrupciones, picos de energía o fluctuaciones que puedan afectar la producción en la empresa. Por eso los medidores empleados toman las señales de los trasformadores de corriente y potencial, para generar perfiles de carga, modo alterno, visualización de armónicas y diagrama factoriales; lo que ayuda a definir si la empresa necesita estudios de calidad de energía o realizarlos si son solicitados por la misma.

Si fuera necesario, se emplea equipos como el UPM6001 y el PowerGuia 440S mostrados en la Figura 3.1 para realizar un muestreo diario durante 7 días estipulado por la ARESEP para analizar a través de la curva de Chema el comportamiento y las fluctuaciones que posee la red eléctrica.



Figura 3.1: Analizadores de calidad de energía

A manera de comprender el trabajo y el análisis que se realiza en una medición, se presenta la Curva de Cbema (Computer Business Equipment Manufacturers Association) la cual es adquirida por la IEEE std. 446-1995 (Orange book) y permite establecer un parámetro de referencia para los equipos de tecnología de información, en cuanto a la tolerancia de la tensión y la severidad de un hueco de tensión mediante efectos transitorios o de estado estacionario. La Figura 3.2 representa una aproximación a La Curva de Cbema o lo que se conoce como Curva de ITIC.

La Figura 3.2 es analizada mediante la tolerancia de estado estacionario, la cual debe estar en un rango del 10 % de la tensión nominal, es decir que puede mantenerse en este rango indefinidamente. Además definen la cargabilidad y las perdidas en los sistemas de distribución.

Por otro lado los Swell de tensión describen un aumento en la tensión rms de 120~% respecto a la tensión nominal, con una duración de 0.5s y a causa de la desconexión de la carga

3 Marco Teórico 13

del sistema. También se presentan las caídas de baja frecuencia, debidas a la conexión de correctores del factor de potencia en sistemas de distribución. Los impulsos de alta frecuencia son causados por las descargas atmosféricas sobre la red eléctrica que alimentan los equipos. Las formas de onda que se aplican a este tipo de transitorio se encuentran en ANSI/IEEE C62.41.

En cuanto a los Sags de tensión son transitorios ocasionados por fuertes cargas o condiciones de falla en un sistema de distribución. Son considerados dos tipos de Sags, el primero con una caída de 80~% de lo nominal y $10~\mathrm{s}$ de duración; y el segundo con una caida de 70~% de la nominal, con una duración de hasta $0.5~\mathrm{s}$.

La región de tensiones marginales contemplan las caídas severas de tensión como interrupciones provocadas seguidamente de una conexión, y la región de no daño presentada en la curva, incluye caídas y tensiones marginales, por lo que no son esperadas en el estado normal de los equipos de información. Por último se encuentra la región prohibida incluye Swells o sobre tensiones que excedan los limites superiores de la envolvente en la Figura 3.2.

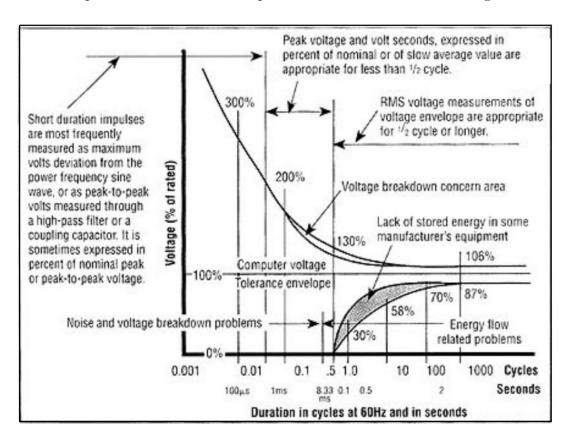


Figura 3.2: Curva de Chema para el requerimiento de la tolerancia en equipos de información.[3]

De esta forma en una medición el proceso de calidad de energía permite analizar y realizar un estudio en un plazo establecido, que permita mejorar el servicio en el suministro de la energía eléctrica, para lo cual es necesario que las condiciones en la que se encuentra la medición y el punto de montaje de equipos de análisis, permanezcan en un ambiente que cumpla rigurosamente con las normas establecidas por la ARESEP.

Además es importe conocer el tipo de medidor empleado en conexiones trifásicas, ya sea en

delta, estrella, delta completa, entre otros; así como las características del medidor, variables de muestreo y rango de operación en el que puede ser utilizado.

Los medidores ALPHA Plus son empleados para conexiones trifásica con la capacidad de medir la energía activa y reactiva, validación de servicio, PQM (Monitores de Calidad de Energía), perfil de carga y comunicación remota. En cuanto a las características importantes se encuentra la memoria de 28kB para almacenar datos y eventos durante 141 días para 1 canal o 36 días para los 4 canales, en intervalos de 15 minutos.

En cuanto al PQM "busca excepciones a los umbrales definidos por el usuario tales como voltaje, corriente, factor de potencia y distorsión armónica total" [4]. También se encuentran las pruebas de servicio, las cuales son utilizadas para verificar la validación del servicio eléctrico y las conexiones del medidor (fases invertidas, si las corrientes de fase se encuentran en el rango de umbral).

La función principal de este medidor es realizar la facturación, para ello almacena en la memoria no volátil los valores de energía como: kW, kVAR, kWh, kVARh. Es importante comprender que la desconexión de alguna de las fases puede ser tomada de diferentes formas para el medidor, ya que si no es conectada la fase A, ingresaría al modo alterno, es decir que muestra en tiempo real los valores de corrientes, tensión, FP y demás variables de facturación, provocando la no operación del modo normal y por tanto las pruebas de perfil de carga sean perdidas.

Por otro lado si es desconextada la fase B o C, se mantendrá en modo normal, no obstante registrará un 33.3 % o un 66.6 % menos de energía dependiendo de las fases conectadas. Para este caso el técnico visita el lugar para que realice un estudio del por qué no está conectada la fase y ejecute una extrapolación de la perdida de energía que se dio en este periodo. Sin embargo este proceso es complejo, ya que al no existir un mecanismo que avise a la central el instante en que se perdió la fase, puede variar mucho el tiempo de reparación.

En el momento que es detectado el problema se compara la potencia consumida del secundario, con la que está llegando al medidor, para ello se emplea la fórmula siguiente en una conexión trifásica en estrella y se realizan los cálculos necesarios para determinar la potencia en cada devanado y la relación de trasformación correspondiente; para ello se presenta el ejemplo en el Anexo.

$$Potencia = \frac{I * V\sqrt{3}}{1000}(kW) \tag{3.1}$$

(3.2)

Para realizar la comunicación externa del medidor se emplea el puerto de interrogación principal, el puerto óptico y la interfaz RS-232 o el puerto RS-485. También se utiliza un módem telefónico interno mostrado en la Figura 3.3 con una tasa de 2400 Baudios, el cual posee la capacidad de reportear en lugares donde exista un medio telefónico, aunque es un mecanismo viejo y con capacidad de respuesta e interrogación menor que por IP (Internet Protocol, se seguira utilizando de esta forma) es utilizando todavía en algunos lugares.

3 Marco Teórico 15

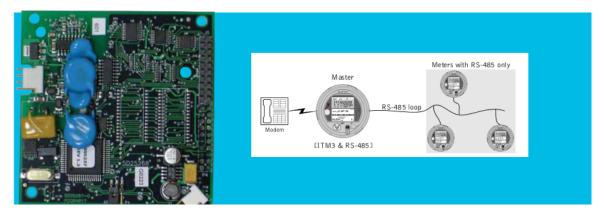


Figura 3.3: Módem Interno Telefónico 3 (ITM3).[5]

La comunicación por IP emplea el puerto RS-485, a través del conector DB25 y una conexión en cascada de los medidores, con un máximo de 32 dispositivos, la selección de cada medidor es realizada mediante el Lantronix (Figura 3.3) ya que los diferentes medidores al estar en cascada necesitan de una lógica de control que los identifique. La interfaz de salida es a través de fibra óptica o ethernet y las características principales son: aumentar la eficiencia, ahorrar tiempo, reducir costos y permitir tener los equipos en red para acceder y controlar remotamente.



Figura 3.4: UDS1100 LANTRONIX.[6]

Por último se encuentra la tecnología celular 3G, la cual consiste en un proceso experimental para la conexión en red de los equipos de medición con el internet. Realizando la comunicación entre el Router (3G) como punto de acceso, el UDS1100 LANTRONIX y el puerto RS-485 del medidor a manipular se logra una comunicación entre la central ICE y cualquier dispositivo que permita la comunicación WIFI, como lo es prototipo diseñado en este documento.

3.2 Normas y especificaciones para la etapa de medición

En una medición trifásica el ICE posee principalmente tres tipos de conexiones, estrella-estrella (con capacidad de 120/208 V o 277/480 V), estrella renca-delta abierta (la cual posee una fase elevada a 240 V y se trabaja solamente con dos trasformadores, sin embargo es limitada la capacidad al 80 %). Por último se encuentra la delta completa que está

conformada por cuatro trasformadores, permitiendo utilizar el 100 % de su capacidad y además como medio de protección para disipar en forma de calor las corrientes parásitas que se producen cuando se daña alguno de los trasformadores en el banco, sin embargo el costo es mayor.

Para este tipo de conexiones existen dos clases de mediciones, la secundaria la cual utiliza bobinas de corriente desde los 200 A hasta los 2000 A, con trasformadores de potencial con capacidad de 75, 100, 175 y 375 kVA y empleadas para empresas relativamente pequeñas. Por otra parte se encuentra la medición primaria empleando bobinas de corriente superiores a los 2000A, por lo que es común que el ICE realice una sola medición para facilitar el proceso de facturación, ya que muchas empresas utilizan varios medidores internamente para estar monitoreando diferentes procesos, lo cual hace más fácil establecer una única medición que sume las demás.

Cada lugar de medición está conformado por su respectivo medidor, entre los cuales se emplean medidores marcas ITRON o ELSTER; con formas 6A, 10A, 2s y 16s. No obstante son utilizados en su mayoría medidores tipo A3KL+ de la FM 10A, ya que los equipos de verificación de factor de potencia (FP) que poseen no tienen la característica de conexión en dos y medio elemento, además por forma de comunicación remota y las características de facturación que soportar (kVA, KW, FP, armónicas, diagramas factoriales, entre otras) los hacen útiles en estas clase de lecturas.

De acuerdo a la "Guía para la Instalación de los Contadores de kWh General Electric" los contadores clase 200 (con capacidad nominal de ensayo de 30 A), permiten cargas de hasta 200 A cuando se conectan correctamente. También existen los clase 10 (diseñados para trabajar con transformadores de medida) para los cuales son empleadas regletas especiales que permiten realizar las pruebas en el sitio o para conexión y desconexión de los medidores.

Es importante comprender que en una medición existen dos tipos de constantes, la de calibración del medidor (Kh) y la constante de transformación. Kh tiene que ver con la cantidad de vueltas que marca el medidor, sin embargo para medidores de estado solido Kh es 1. De esta manera es empleada para calibrar el medidor y se utiliza para realizar pruebas en el sitio si el medidor esta fallando por alto consumo o si posee algún daño ("contrabando").

La constante de transformación depende de la relación entre los trasformadores de corriente y de potencial, es considerada de suma importancia en el proceso de facturación, ya que al ser industrias en las cuales el consumo de energía es sumamente alto (cientos de miles de W), un mínimo error en la conversión en los datos puros del medidor, provocaría grandes perdidas económicas para el ICE.

En cuanto al costo económico el ICE establece diferentes tarifas en las que el cliente puede estar (demanda, media tensión (T-MT) o generación), además en cada una de ellas es programado el medidor para que registre cierta cantidad de datos (7, 27, 19 0 16 respectivamente, en las hojas empleada para la tarifa media tensión T-MT se establece). A manera de comprender el proceso de facturación, la tarifa de demanda se realiza tomando toda la energía del mes más la máxima demanda (el pico más alto) que se dio. Por otra parte en el T-MT la energía del mes es dividida en tres periodos (punta, valle y nocturno) y se cobra 3 Marco Teórico

para cada uno de ellos la energía total más la demanda máxima, para la cual el cliente puede organizar sus proceso para meter la carga en los periodos donde el costo de la tarifa es menor.

La tabla 3.1 resume la distribución del día durante 5 días de la semana, a través de estos horarios el cliente puede manipular su tiempo de proceso para disminuir el costo del producto, sin embargo no solamente es beneficioso, ya que si en algún momento la carga se trabaja en el periodo punta y se da el pico más alto aunque sea por un lapso muy pequeño implicaría costos elevados para la empresa. Establecidas en el punto 6 de las disposiciones generales de la RESOLUCIÓN No. RRG-3457-2004 de la ARESEP [7].

 Valle
 Punta
 Nocturno

 6:00am a 10:00am
 10:15am a 12:30pm
 17:45pm a 24:00pm

 12:45pm a 17:30pm
 00:15am a 5:45am

Tabla 3.1: Periodos para la Tarifa de Media Tensión.

En cuanto a las cajas utilizadas para colocar los equipos de medición deben cumplir la norma CUMPLE NEMA 1,4-12 CNFL, establece que las cajas deben estar fabricadas en lámina de hierro pulido calibre número 14, con paredes selladas y soldadura Tig y Mig. Las dimensiones de este tipo de cajas se encuentra en la tabla 3.2.

Las características principales de una caja metálica la conforman el visor en acrílico, el llavín con manilla para colocar el sello, pintura graneada a base de resinas epóxicas micropulverizadas (polvo-electrostático) horneable, con tratamiento anticorrosivo.

Tabla 3.2:	Dimensiones	de las	cajas	empleadas	en la	medicion

Tipo	Alto A	Frente B	Fondo C
2618/1 Contad.	390	345	
2793/1 Cont+Reac	780	600	370
2849/2 Contad.	600	600	350
2941	1645	1000	400

Luego de conocer las características y normas que posee la etapa de medición es importante entender los agentes externos que afectan el medidor y el comportamiento del clima sobre la región central en los últimos años, para ello se presentan gráficos de temperatura y precipitaciones (humedad) obtenidos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) y que ayuden a tener una idea concisa de las condiciones en las que se encuentran los medidores de máxima demanda. El Valle Central esta dividido en dos regiones, la primera corresponde al Valle

Occidental que encierran parte de las provincias de Alajuela, Heredia y San José (Figura 3.5). Y el Valle Oriental corresponde a la provincia de Cartago, presentada en la Figura 3.5.

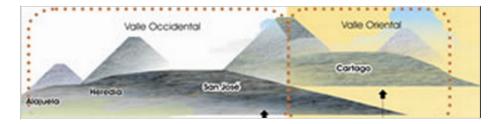


Figura 3.5: División Valle Central.[22]

Como se muestra en la Figura 3.6, las precipitaciones en las últimas cuatro décadas dan una noción de la humedad de cada región, por lo que se puede establecer que la Región Occidental a partir del relieve y de las gráficas, es una zona cálida y lluviosa entre septiembre y noviembre. Por otra parte el Valle Oriental es alto, frío y presenta una mayor cantidad de precipitaciones al final y principio de año.

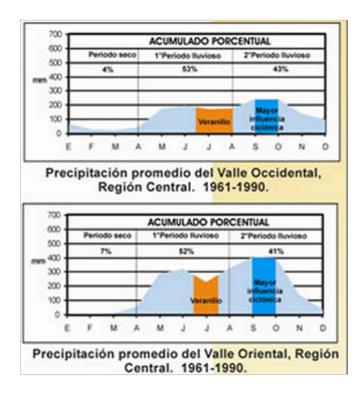


Figura 3.6: Precipitaciones del Valle Central. [22]

En cuanto a la temperatura es un elemento variante con la altura, en cuanto al Valle Occidental posee una altura media de 1100 msnm, mientras que el Valle Oriental posee una altura superior. Como se presenta en la Figura, el Valle Occidental posee una temperatura ambiente mayor en relación al Valle Oriental, de aquí se puede decir que la temperatura promedio del Valle Occidental es aproximadamente la misma que la del Oriental Figura 3.7.

Para la ubicación de las cajas es importante que sean localizadas en lugares donde la temperatura varié desde los 0 grados Celsius hasta los 50 grados Celsius y la humedad no vaya

3 Marco Teórico

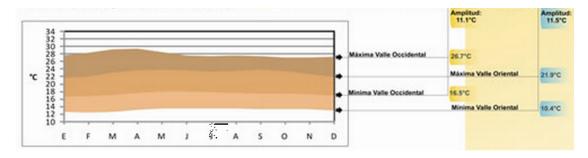


Figura 3.7: Variación de la temperatura.[22]

a provocar condensación en la caja metálica, sin embargo de acuerdo a la Estación Meteorológica de Costa Rica, las precipitaciones registradas en la Meseta Central varían al rededor de los 1967 milímetros (litros por metro cuadrado) por año, con humedad del 100 %. Para el caso de la temperatura rondan entre los 18 y 35 grados Celsius. [8]

Al tratar el tema de factores externos que afectan una medición se encuentra en un segundo nivel las situaciones que son provocadas por los mismos clientes, entre ellos contrabandos o usos ilícitos a los medidores, haciendo que el consumo reportado sea menor o que el contador no marque mes a mes.

De esta forma se han creado cuadrillas de técnicos en diferentes zonas del país para disminuir y localizar situaciones de contrabando. Es importante entender que cada una de las mediciones esta regulada a través de la Autoridad Reguladora la cual establece que:

"Ni la empresa eléctrica, ni el abonado o usuario, ni ninguna otra persona física que no sea la Autoridad Reguladora o la entidad competente por ella asignada, están autorizados para quitar el sello de certificación." [9]

Esto deja bien claro que la Autoridad Reguladora es la única que puede realizar cambios sobre el sello del medidor, por lo que es la encargada de llevar el registro con cada sello cortado o retirado. Por otra parte el ICE será autorizado de manipular el medidor solamente en los laboratorios de medición para el cual podrá remover el sello y realizar las pruebas de reparación y calibración de los mismos. En caso de realizar pruebas en el sitio, lectura o algún tipo de apertura de los diferentes sellos que posee la medición, será bajo la supervisión de la Autoridad Reguladora, por lo que es importante llevar un control cronológico de los sellos en el sitio y los que fueron retirados, para evitar algún tipo de anomalía en el medidor.

De esta manera se realiza una investigación previa sobre cerraduras, candador y sellos tanto electrónicos como electromecaniácos que se encuentran en el mercado. Sin embargo son cierres que pueden ser adaptados o como plan piloto sobre la idea del sello electrónico. La Figura 3.8 muestra sellos simples que pueden ser utilizados facilmente en la medición, con la característica que son de bajo costo y deben ser comprados en masa con alrededor de 1000 piezas mínimo, no obstante al ser resistentes por el tipo de material (Protuberancia o hierro del cinc), no poseen la capacidad de control o monitoreo, lo que los hace inadecuados para nuestra aplicación.

Por otra parte se encuentran los cierres electromagnéticos, que permiten una mayor atracción



Figura 3.8: Sellos simples de seguridad.[24]

entre las placas lo que las hace difíciles de manipular. Las cerraduras electromagnéticos MAGNALOK, contruidos en asero inoxidable para una tensión de 12 o 24 V y sus o avanzados componentes electrónicos internos patentados por SECURITRON los hacen compatibles con los sistemas de control en el mercado. La Figura 3.9 muestra la forma y estructura que poseen, sin embargo tomando encuenta el típo de cierre que se desea, sería complicado utilizarlo en el medidor, sin embargo sería una buena opción para el cierre principal de la caja.



Figura 3.9: Cerraduras controladas electromagnéticemente. [25]

Debido a que las empresas que necesitan el servicio eléctrico demandan una eficiencia óptima, se podría pensar en un cierre principal para la caja, es decir una cerradura que pueda ser empleada, manipulada en algún instante y que mantenga ermética la medición. La Figura 3.10 muestra un cerradura CE (Cerradura electrónica anti-atraco), normalmente abierta con una señal de control de 12 V, este dispositivo posee interruptores magnéticos en lugar de los mecánicos y llevan incorporados 2 microinterruptores, libres e independientes, que permiten utilizarlos para señalización, accionamiento de relés. Como se observa en la Figura del Anexo, la cual muestra el esquema mecánico, así como las variables de control que utiliza, el costo es de 25339.16 colones.

Por último se investiga el funcionamiento del relé el cual será base en el diseño del sello electrónico. Como es sabido un relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor físico que es controlado por tensión, a través de un electroimán se accionan contactores. Fue creado en 1835 por Joseph Henry con la finalidad de acoples entre niveles de

3 Marco Teórico 21



Figura 3.10: Cerraduras electrónica Normalmente abierta. [26]

tensión, ya que permite controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada. La Figura 3.11 muestra la estructura del relé, sin embargo existen diferentes tipos de relés (Relé de corriente alterna, de láminas o lengüeta, de estado sólido, entre otros), así como para el manejo de diferentes nivles de tensión dependiendo de la aplicación en la que se vaya a emplear.



Figura 3.11: Estructura y partes de un rele.[27]

Como se observa en la figura 3.11 los relés posee un cierre electromecánico al igual que los sellos electrónicos, sin embargo con escala y una fuerza de atracción menor. Es importante notar que la diferencia de precio y la necesidad de monitorear son variables a contemplar cuando se diseñó el prototipo, ya que el relé tiene la facilidad de ser utilizado mediante un circuito cerrado para conocer el momento que se abra, además controlar mecanica y electricamente la cerradura, lo que lo hacen un dispositivo de facil acceso y con una capacidad de diseñó importante en el desarrollo del prototipo.

3.3 Sistema empotrado TS-7200

Para seleccionar el sistema encargado del procesamiento y el funcionamiento del prototipo se inicia con una etapa de selección, para ello se proponen los PIC (Peripheral Interface Controller), los sistemas con tecnología Zigbee para la comunicación, sin embargo se escoge el sistema empotrado TS-7200 debido a su bajo consumo, la capacidad de procesamiento y el conocimiento previo de sus funciones.

Cabe mencionar que se contaba con el dispositivo, ya que se utilizó en un laboratorio de la carrera, como dispositivo de procesamiento de la información para el analizar el ión cloruro en el agua, lo que facilitó la selección y la progracación del mismo.

Para el diseño de la Unida de Control Central (UCC), como se mencionó, se emplea el TS-7200 Figura 3.12, el cual es un sistema SBC (Single Bord Computer) que posee como control principal al procesador ARM9 Cirrus EP9302, diseñado con un conjunto de periféricos determinados para las diferentes funciones que pueden ser empleadas en el sistema empotrado. Además cuenta con la arquitectura ARM920T (Advanced RISC Machines) de 200MHz y con una MMU (Memory Management Unit) con la característica de soportar sistemas operativos de alto nivel, tales como Linux y Windows CE.

Este SBC posee por defecto el sistema operativo TS-Linux y cuanta con el kernel 2.4, el cual posee las funciones básicas del sistema sin emabargo no explota toda la capacidad del dispositivo por lo que es importante actualizar y cargar un nuevo sistema operativo. Mediante la conexión con la Compact Flash (CF) es posible almacenar y realizar el booteo de Debian Sarge, el cual es una versión que presenta comandos similares a Ubuntu o cualquier otra distribución de Linux, permitiendo realizar rutinas de programación en diferentes Lenguajes (C, C++, Java, HTML, PHP, Pyton, entre otros), manipulación de puertos, comandos desde el terminal que reducen la dificultad de control y el aprendizaje.

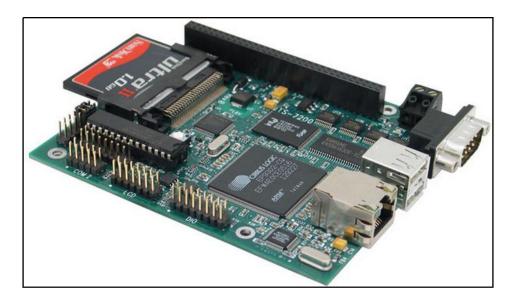


Figura 3.12: Sistema empotrado TS-7200.[10]

El SBC incluye un adaptador que tranforma de 120Vrms a una fuente de alimentación de

3 Marco Teórico 23

5Vdc, con una corriente de 400mA, es importante que al ser encendido la comunicación a la PC se realice a través del puerto RS-232 o mediante el puerto USB (Universal Serial Bus) dependiendo de la configuración establecida en el protocolo de comunicación. El protocolo emplea el Software Minicom como interfaz con el puerto ttyUSB0, para lo cual se establece una velocidad de 115200 baudios, 8 bits de datos, sin paridad, sin bit de desbordamiento, 1 bit de parada. Además se activa el Jumper 2 fisicamente y como puede observar en la configuración del Minicom es desactivado el control de flujo tanto de Hardware como de Software Figura 3.13, permitiendo la comunicación bidireccional con el TS-7200 e ingresando directamente al sistema de archivos que maneja la Compact Flash, sino se activara el jumper cuando se enciende el dispositivo ingresaria a la memoria interna que posee donde se encuantra la configuración básica.

```
| A - Dispositivo Serial : /dev/ttyUSB0 |
| B - Localización del Archivo de Bloqueo : /var/lock |
| C - Programa de Acceso : |
| D - Programa de Salida : |
| E - Bps/Paridad/Bits : 115200 8N1 |
| F - Control de Flujo por Hardware: No |
| G - Control de Flujo por Software: No |
| ¿Qué configuración alterar? |
| Pantalla y teclado |
| Salvar configuración como dfl |
| Salvar configuración como . |
| Salir |
| Salir del Minicom |
```

Figura 3.13: Programa Minicom de comunicación PC y TS-7200.

En cuanto a las características principales del TS-7200 se encuentran una memoria SDRAM interna de alta velocidad de 32MB, una memoria flash de 8MB. También una interfaz para CF, interfaz Ethernet 10/100, dos puertos USB 2.0 (2 Mbit/s max), 20 pines con capacidad de configuración como entrada o salida, bus PC/104 8 / 16 bits, protocolo de comunicación SPI (Serial Peripherical Interface), rango de temperatura de operación sin ventilador de -40 a 70 grados Celsius, con la capacidad de trabajar a 85 grados Celsius reduciendo la velocidad del CPU a 166MHz.

El procesador Cirrus EP9302 del TS-7200 está diseñado para trabajar con tensiones de 3.3V con una potencia en el rango de 100mW a 750mW dependiendo de la velocidad a la que se configure. Este procesador fue diseñado a través de la arquitectura ARM920T de 32 bits, para la cual posee cinco estados pipelines,: decodificar, buscar, ejecutar, memoria y la etapa de escritura; con la capacidad de ofrecer un alto rendimiento mediante bajo consumo.

Además posee un caché de 16KB para instrucciones y 16KB para datos, con una latencia de cero en el ciclo de programación actual y de datos. La Figura 3.14 muestra el diagrama de bloques del procesador Cirrus en el cual se presentan cada uno de los registros que pueden ser controlados por el mismo.

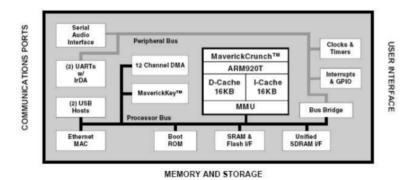


Figura 3.14: Diagrama de bloques del EP9202.[10]

3.4 Dispositivos para control de puertos en el SBC TS-7200

El teclado matricial de 4x4 mostrado en la Figura 3.15, está conformado por interruptores de contacto simple, encargados de dar camino al paso de corriente cuando es seleccionada una tecla. Para ello el TS-7200 es programado con 8 pines (cuatro entradas y cuatro salidas), lo que genera la configuración necesaria para determinar la ubicación de la tecla y la Unidad de Control Central UCC.

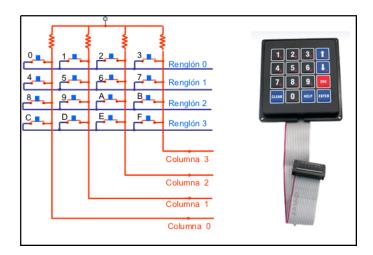


Figura 3.15: Teclado matricial de 4x4.[11]

En cuanto al medio de visualización que permite la interacción entre el teclado, el sistema empotrado y cada una de las subrutinas, cuenta con un Bus de datos de 7 bits de control, alimentación de 5V y se escoge el LCD alfanumérico con retro-iluminación presentado en la Figura 3.16. Para ello se utiliza el puerto A del TS-7200 generando los códigos necesarios para inicializar, ejecutar los comandos de control y los caracteres.

La comunicación inalámbrica será realizada a través del WiFi-g-USB-2 (Asus WL-167g) mostrado en la Figura 3.17. Dentro de las características más importantes se encuentra un rango de temperatura de -10 a 55 grados Celsius, con una potencia máxima de 17dB, un máximo de alcance de 330m. Cabe mencionar que este dispositivo está previsto para ser

3 Marco Teórico 25

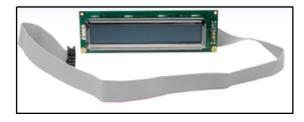


Figura 3.16: LCD Alfanumérico 2x24.[12]

adaptado una antena y que permita mayor alcance.



Figura 3.17: WiFi-g-USB-2 (Asus WL-167g).[13]

El reloj en tiempo real TS-5620 mostrado en el Figura 3.18, cuenta con una batería de Lítio, con capacidad para mantener actualizado el sistema por 10 años, la conexión es realizada a través de perfiférico PC/104 y es compatible con el TS-7200, lo que la hace apta para mantener las condiciones del SBC respaldadas y en tiempo real.

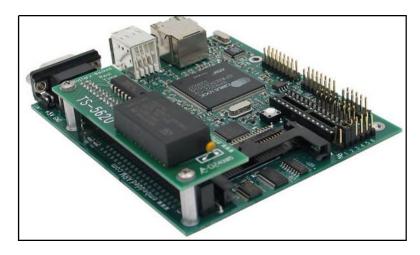


Figura 3.18: Reloj en tiempo real. TS-5620.[14]

Capítulo 4

Procedimiento Metodológico

En esta sección se describirán la línea de trabajo empleada para obtener un mecanismo de diseño que cumpla con los objetivos planteados. Además se presentan los trabajos de campo que realiza el departamento como tal para conocer las condiciones en las que se encuentran los medidores y sintetizar una posible solución que permita mejorar el monitoreo de la medición.

4.1 Trabajo de campo realizado y reconocimiento

Las actividades que ayudaron a plantear de forma clara y concisa el proyecto se basan en pruebas de campo. Para ello los primeros dos meses fueron dedicados en paralelo con la investigación del proyecto a realizar y conocer los trabajos que hacen las diferentes cuadrillas del Área de Calidad y Medición.

Una de las cuadrillas está dedicada a la interrogación de los medidores, por lo que es empleada una PC equipada con programas como el Aplus para medidores A3KL+ y el MeterCat, los cuales se utilizan para guardar la información de los clientes y establecer perfiles de carga o conocer el estado de la medición.

El programa Aplus es un software relativamente viejo que se ejecuta desde el MS-DOS por lo que tiene complicaciones con Windows 7 y es necesario utilizar Windows XP. Este software utiliza una interfaz que permite seleccionar la fecha desde la cual se desea interrogar el medidor, conversión de valores a ASCII, también posee un diagrama fasorial que puede ser empleado en tiempo real para conocer el estado y diferentes variables de la medición (FP, kW, kVA, kVAR, entre otras).

De esta forma el tipo de medidor influye de gran mandera en el monitoreo, sin embargo la verificación manual es ejecutada cada mes, dejando al medidor expuesto a agentes externos o manipulación del mismo. Por esta causa el proyecto es enfocado en la prevención este tipo de situaciones mediante el monitoreo en tiempo real de la medición.

La Figura 4.1 presenta una medicion de máxima demanda, la cual muestra la condición en la que está el medidor, la cantidad de sellos y las conexiones externas. Esta cuadrilla está

dedicada a verificar la medición, y se dedica a empresas ubicadas en las zonas francas de la región de Alajuela. Además de subestaciones localizadas en Heredia, Palmares, Poás y demás en la región central.



Figura 4.1: Condiciones en la interrogación de medidores.

La verificación por alto consumo es fundamental en una medición, ya que la cuadrilla encarga realiza pruebas a través de un laboratorio portátil que cuenta con las herramientas necesarias para procesar y brindar la información requerida para la facturación.

Para ello se emplea el dispositivo Probewell, que cuenta con una interfaz de la forma S (de receptáculo adaptador), con una corriente regulada hasta de 50 A y una exactitud típica de 0.025 %. En cuanto al trabajo realizado por los técnicos se basaba en conocer el caso, localizarlo y dar el servicio. La mayoría están conformados para clientes residenciales, por lo que se llega al lugar, se cortan los sellos, se coloca el equipo, se configura la constante dependiendo del tipo de medidor (estado sólido o electromecánico). Posteriormente se realizan tres pruebas de calibración para estar seguros del funcionamiento del mismo y cumplir los requerimientos de la ARESEP. Además si el cliente se encuentra en el lugar, se le explica el proceso a realizar, el estado del medidor, se establece una lista de preguntas que permitan analizar el problema. Para finalizar si el cliente lo apruaba se ingresa al lugar, se realizan pruebas de consumo de corriente a través del amperímetro sobre los equipos y se busca posibles causas que provocaron el incremento en el consumo.

Durante una prueba de calibración el lector óptico debe permanecer sin ningún obstáculo, además es importante conocer que si el medidor es de estado sólido kh es uno, sino el medidor posee el valor que debe ser configurado en el Probewell. Una vez que inicia el proceso toma al rededor de 5 minutos o dependiendo de la carga que posea la medición. Si los valores que se obtienen son mayores a 0.5 o 0.2 % se dice que el medidor está dañado y se investiga su mal funcionamiento, para lo cual se envía al laboratorio.

La Figura 4.2 muestra el equipo utilizado y una de las pruebas ejecutadas en el sitio, per-

mitiendo tener una idea clara del proceso. Cabe mencionar que esta cuadrilla cubre toda la región de Alajuela (Palmares, Grecia, Atenas, Poas y otros).



Figura 4.2: Pruebas de calibración para medidores de energía.

La siguiente cuadrilla está dedicada exclusivamente a cliente de máxima demanda, y su función principal es realizar pruebas para conocer el factor de potencia (FP), estado en las conexiones en los trasformadores de corriente y potencial, comparación de consumos en tiempo real entre los datos que marca el equipo utilizado para realizar las pruebas (fasómetro, multímetro y modo alterno) y el perfil de carga en el medidor. También pruebas de calidad de energía si el cliente lo solicita y el departamento lo autoriza.

El procedimiento principal se basa en llenar una plantilla con las diferentes características de la medición (clase, forma y tipo del medidor; banco de trasformadores de corriente y potencial, capacidad del banco), además se retira la regleta para conocer la tensión, el desfase y realizar los cálculos matemático de FP y consumo. También si el medidor se encuentra en modo normal y en una tarifa de media tensión se toman los 27 datos (con los periodo de punta, valle y nocturno), para comparar con los valores establecidos en el modo alterno (FP, kW, kVA) y realizar un análisis entre ellos.

La Figura 4.3 muestra una medición donde se utiliza la conexión a través del puerto óptico con la PC, permitiendo conocer el estado de las fases y los valores en tiempo real, ya que para medidores A1k sin modo alterno es necesario utilizar la PC o la conexión externa de un segundo medidor que si lo permita. Además se muestra la caja de bornes donde se realizan las diferentes pruebas y la conexión directa con el mismo.

Es importante entender la forma en la que se trabaja la medición y la manipulación que realizan los técnicos sobre la misma, ya que el prototipo diseñado tiene como objetivo un sistema de sello electrónico para facilitar el ingreso y disminuir la cantida de sello que se desechan con cada verificación manual.

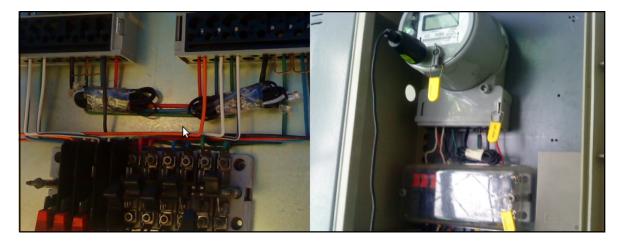


Figura 4.3: Pruebas de FP y calidad de energía.

También se establecen dos cuadrillas más una encargada de realizar la colocación física de la medición, empleando una grúa, pértiga, equipo de protección que ayude a vestir el poste y obtener las señales desde la medición primaria o secundaria hacia la caja. Es importante planear la colocación de la misma, es decir como ubicar los bancos, donde estará la fuente y donde el consumo, para que a futuro el trabajo que se realizar tenga un mayor control y más seguridad.

La Figura 4.4 muestra todo el trabajo realizado para que una planta de generación entrara a proporcionar energía en Sarchí; esta medición es de tipo primaria, ya que la energía que iba a proporcionar lo requería. Se puede observar como cada una de las bobinas en los trasformadores de corriente y potencial son independientes. Además se muestran dos medidores, uno para tomar la lectura del consumo y el otro de respaldo.

Por último se encuentra la cuadrilla encargada de localizar usos ilícitos en la medición. El procedimiento consiste en observar el estado de los sellos, el contador este funcionando, el giro del disco o la flecha en el LCD del medidor, la conexión de las fases y los cables externos que no son parte de la medición. Una vez que se encuentra el problema, se llama al abogado encargado de realizar el proceso legal hacia el cliente que esté manipulando el medidor.

Es importante entender que este es uno de los mayores problemas que sufre la medición, ya que se cada día se buscan nuevos mecanismos para manipular el medidor, desde puentes en las fases, cables coaxiales externos, corte de sello ICE para abrir el medidor e incluso daño en las pista de tierra del circuito impreso para alterar la lectura.

La Figura 4.5 muestra imágenes de los diferentes medidores que el ICE a utilizado a lo largo de los años, así como medidores que han desechado por daños que han sufrido en el campo.

Uno de aspectos claves en el desarrollo del proyecto son los casos ilícitos, ya que permiten analizar y desarrollar un prototipo de sello electrónico que le permita al técnico localizar daños de forma remota sobre la medición.



Figura 4.4: Instalación completa de la medición.

4.2 Análisis de la información, evaluación e implementación de la solución.

Para formular y proponer una solución que mejore el servicio y permita tener mayor control en una medición, el Ing. Jorge Rodríguez Vargas presenta esta idea como un proyecto piloto. Posteriormente se trata con el Sr. Uriel Céspedez C. coordinador y jefe en el Área de Calidad y medición, el cual aprueba el proyecto, da seguimiento y proporciona información adicional sobre cada etapa en la que se encuantra envuelta la medición.

Cuando se inicia las pruebas de campo se trabaja en conjunto con los Señores Felipe Montoya, Vidal Pérez, Feddy Oses, Johnny Campos y Johnny Araya, los cuales comparten el conocimiento adquirido a lo largo de sus años en el área de medición, además de proporcional manuales e información que permiten realizar una solución más tangible y que se adapte a las necesidades que posee la medición.

Por otra parte se discute la idea del control de sellos con el Sr. Baudy Zumbado, ingeniero industrial el cual permite establecer una idea más general del costo económico y la importancia de este en la viabilidad del proyecto. También con ayuda del Ing. Carballo, encargado en los laboratorios de medición en Colima se comenta sobre las condiciones en las que se encuentra el equipo, la forma, tipo y ubicación de las cajas.

El conocmiento adquirido mediante los trabajos de campo realizados, la experiencia de los



Figura 4.5: Reparación y calibración de los medidores en el laboratorio.

técnicos y el aporte proporcionado por los ingenieros, permitieron dar fundamento a cada una de las partes de la solución.

En el caso de la selección de sensores, se incluye en la solución ya que la medición al estar expuesta a altos cambios de temperatura, ya sea por la zona donde se localiza el dispositivo o incluso conexiones de fases que pueden provocar el daño general del medidor, hacen necesario el monitoreo constante como medida de prevención.

Para la unidad de control TS7200 y las diferentes partes que la conforman, como se indicó en el capítulo anterior la experiencia con el dispositivo y la capacidad de procesamiento que posee fueron factores importantes para su selección. De igual forma el teclado, LCD, WiFi-G-USB2, TS5620 y la alimentación, son extras que se pueden encontran en la página de soporte del mismo, lo permite definir un paquete con las partes necesarias para el desarrollo del proyecto.

Una vez que se realiza la investigación de las principales etapas se realiza el presupuesto de los dispositivos a utilizar, la tabla 4.1 cuenta con una lista y el costo de los mismos.

También se realiza una segunda tabla 4.2, la cual presenta los componentes de las placas diseñadas, el sello a utilizar y la caja de acero inoxidable necesaria para colocar las PCB.

Realizando un desglose de los costos anterior y el pago económico por el tiempo de desarrollo, se presenta la tabla 4.3.

Luego de conocer el costo de los dispositicos que conforman el proyecto se hace una comparación con el costo aproximado que implica dar mantenimiento, para ello se emplea la

Tabla 4.1: Costo de equipo a utilizar.

dispositivos	costo (\$)
Sensor de humedad (480-3537-ND)	20.16
Sensor de temperatura	10.6
TS7200 SBC	149
CF 1GB	25
Null modem cable	9
Teclado 4x4	28
LCD-LED	40
WiFi-G-USB2	35
TS-5620	14
PS-5VDC-REG	22
Envio	42
Total	394.76

Tabla 4.2: Costo componentes adicionales.

dispositivos	costo (colones)
CD4053	520
74LS09	470
Resistencias	200
Condensadores	50
Relay 12v	600
7805	550
Cable	250
Caja acero inoxidable	12000
Total	14640

experiencia en los dos meses de trabajo de campo y la información proporcionada por el jefe de departamento. En una medición de máxima demanda se interroga mínimo una vez al mes, el costo económico de una cuadrilla para trasladarse al lugar y realizar el trabajo de verificación para saber si se encuentra en buen estado se muestra en la tabla 4.4. Al realizar una extrapolación a un mes o incluso a un año para las diferentes cuadrillas que visitan los diferentes lugares de mediación provoca gastos considerable para el ICE.

Al tener una idea del trabajo realizado en el Área de Calidad y Medición, el costo del proyecto, la problemática que encierra la medición y los factores que pueden afectarla, se inicia un proceso de análisis e investigación sobre la forma de atacar el problema e implementar

Dispositivos principales 201.722,36
Dispositivos adicionales 14640
Pago por tiempo de práctica 792000
Total 1.008.362,36

Tabla 4.3: Costo total.

Tabla 4.4: Gastos de mantenimiento de la medición.

costo	monto (colones)
Sellos por día	780
gastos de trasporte en el día	7.000
viáticos (2 técnicos)	9.000
salario base que le cuesta al ICE por día de técnicos	104.000
equipo	3.000
Total	123.780

un prototipo.

Cabe mencionar que esta etapa es previa a la solución, ya que fue necesario rediseñar las placas para evitar pistas debajo de los optoacopladores y mantener la limitante de una sola cara para cada diseño. Para ello esta sección permite conocer los ajustes que se plantearon, sin embargo la implementación y el diseño finales se presenta en el Capitulo 5, donde se detalla la solución. Como primera medida se realiza dos placas PCB necesarias para acople y control de puertos, sin embargo en el proceso de implementación sufren modificaciones (las cuales serám tratadas en este apartado), la Figura 4.6 muestra las primeras placas, como se puede observar la PCB de multiplexación de pines posee una lógica combinacional, lo que la hacía menos eficiente, era necesario trabajar en dos caras y el costo era mayor. En cuanto a la PCB de fases no era tan complicado, sin embargo se redujo el tamaño de la placa, se separaron las tierras y se evitan las pista por debajo de los opto-acopladores.

También se realiza una etapa previa para conocer el funcionamiento de los componentes antes de colocarlos en las placas, esto es realizado en dos protoboards. Una de ellas es empleada para distribuir el puerto B del SBC (16 pines) y realizar la de-multiplexación de las señales entre el teclado y la placa de fases del medidor. También se utiliza una segunda placa para colocar los opto-acopladores 4n28 y realizar pruebas con la red eléctrica, así como la dimensión de las resistencias basado en las hojas de datos, pruebas con los sensores de humedad y temperatura, y control de sello electrónico.

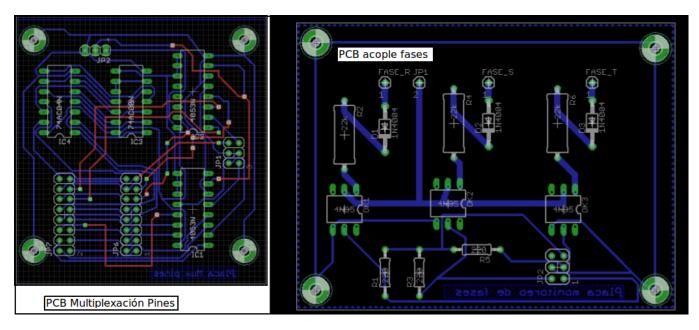


Figura 4.6: Modificaciones a las PCB.

Una vez que se tiene la idea general para obtener la información, se realizó una investigación sobre la forma de presentar al usuario final dicha información, para ello se crea en la PC un prototipo de la página web que será implementada en el SBC, para lo cual se instala el servidor apache y php5 como medio de compilación, la Figura A.1 muestra la interfaz principal de esta, la cual posee contraseña para que solamente el usuario a cargo pueda ingresar, así como una explicación de lo que se mostrará al ingresar en ella.

Para establecer la cofiguración de la página principal fue necesario analizar la estética y ubicar los diferentes elementos para que el usuario puede visualizar la información. Se instalo y configuró la librería Sendmail en el TS-7200 para enviar vía e-mail un correo indicando la situación actual del sistema. También se incluye un link hacia el módulo descarga.php encargado de bajar la información a la PC y actualizar continuamente la información muestreada.

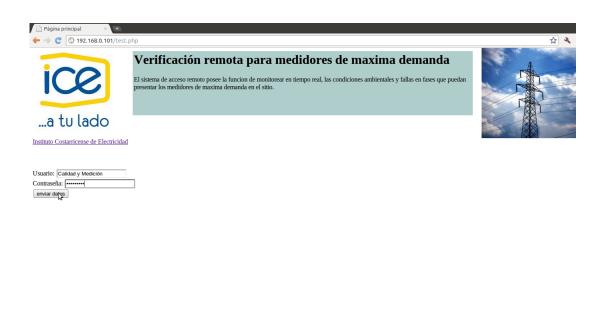


Figura 4.7: Pagína principal de la página web.

Capítulo 5

Sistema de verificación remota para clientes de máxima demanda

En este capítulo se presentan las rutinas implementadas para la verificación de temperatura, humedad, fases de la medición y apertura de sellos. Para la realización de dicha tarea se hace uso de la comunicación inalámbrica WiFi, acoples en las conexiones y diseño de programación para la interfaz con el usuario.

Con el uso de estas técnicas se logra la generación de un sistema que detecte en tiempo real cada una de estas variables y pueda alertar en el momento que la medición pueda presentar algún tipo de condición errónea (desconexión, manipulación no autorizada del equipo, entre otras).

A continuación se presenta una explicación detallada sobre la implementación de dichos sistemas.

5.1 Etapa de transducción de humedad y temperatura

A través de la investigación realizada en el marco teórico para las condiciones típicas de la región central (ubicación de clientes de máxima, San José, Alajuela y Heredia), se buscan sensores que puedan cumplir con estos rangos de temperatura y humedad. En el mercado existe gran variedad de trasductores tanto digitales como analógicos, que permiten la comunicación a traves de diferentes protocolos (SPI, I2C, entre otros), sin embargo por la capacidad de conversión analógica-digital que posee el Ts-7200, a traves del puerto B mediante los dos pines de conversión analógica a digital se opta por la utilización del mismo. Por otra parte se descarta la utilización de sensores digitales, ya que la utilización de protocolos de comunicación implica definir mayor cantidad de pines para establecer la configuración del sensor digital.

En cuanto a la variable de temperatura es empleado el transductor AD590 Figura 5.1, con una rango de los -55 a los 150 grados Celsius, con una proporcionalidad de 1uA/K y una respuesta lineal con una variación de 0.3 grados Celsius para todo el rango. La ecuación que

describe esta relación está dada por:

$$T = 273.798 * Vin \tag{5.1}$$

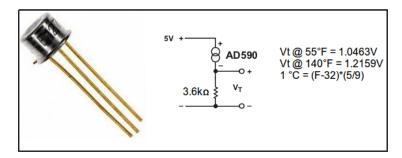


Figura 5.1: Transductor de temperatura AD590.[16]

Para la implementación de estos circuitos se crea una placa PCB la cual es explicada en la sección de conexión trifásica de medición. Además son empleados los puertos ADC0 y ADC4 del TS-7200 para convertir el valor analógico de tensión a digital para su procesamiento en el programa.

El SBC posee dos puertos ADC con una precisión de 12 bits y un rango de entrada desde los 0 hasta los 3.3 V. Estos pines se encuentran en el puerto B (pin 4 y 6), sin embargo tiene doble propósito ya que pueden ser empleados tanto para la conversión a digital como para la comunicación SPI, los valores en memoria de los registros que son modificados a través de estos puertos se muestran en la tabla 5.1.

Tabla 5.1: Valores en memoria del ADC en el Cirrus EP9302

Puerto	Valor ADC
ADC0	0x00000608
ADC4	0x00000610

En cuanto a las consideraciones necesarias, es importante que el sensor tenga un baja impedancia (10 ohms) para mantener la precisión, de lo contrario es importante la colocación de un amplificador operacional en el diseño de la placa. Cada canal es calibrado a través de la EEPROM la cual posee un valor promedio de 16 bits con la información obtenida, permitiendo reducir el error de desplazamiento y el de ganancia que se produce en el A/D del Cirrus.

Para la programación de la rutina encargada de la conversión analogica a digital, tiene como base principal el ejemplo que se proporciona en el CD al comprar el TS-7200 o en el sitio web para el ADC [17], está conformada por tres librerias (eeprog.h, ep93xx_adc.h y peekpoke.h) necesarias para realizar la calibración, el manejo de memoria y la conversión de

los valores binarios. No obstante es importante modificar y acoplar a las rutinas encargadas de procesar, las funciones de almacenado y despliegue de información. Para ello se crea el diagrama de flujo de la Figura 5.2 donde se presenta la programación implementada en el SBC, además de la utilización de librerías como string.h, stdio.h y la función sprintf para realizar la conversión y visualización de la información en el LCD.

La rutina de programación implementada inicia presentando información al usuario de la función que se está realizando, para ello se utiliza un loop for a traveś del módulo writechar encargado de presentar y manipular el LCD, posteriormente se inicializan los puertos ADC0 y ADC4 mediante init_ADC para ello se direccionan los registros 0x0608 y 0x0610 respectivamente. De esta manera se establece la etapa de lectura de puertos mediante la rutina read_7xxx_adc, la cual retorna una matriz de enteros adc_result [5][2], una vez que se obtine el resultado se calibra con el valor promedio obtenido desde memoria, para posteriomente mostrarlo en el terminal a través del puerto serial. En el caso de la visualización es empleada la función sprintf para realizar la conversión de doble a char y presentar los valores de temperatura y humedad en el LCD.

El almacenamiento de la información se realiza en un archivo .txt en la dirección /home/editor/Muestras.txt, para ellos se genera la interfaz en el LCD que se encarga de presentar el momento de toma de datos, el procesamiento (conversión a digital, comparación de rangos) y visualización de las variables. En el diagrama siguiente se puede observar de forma gráfica el proceso que lleva la camputara de los valores de temperatura y humedad.

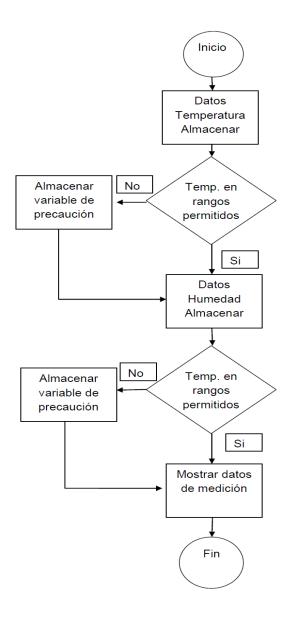


Figura 5.2: Diagrama de flujo para la tempertura y humedad SHT.

5.2 Conexión trifásica de medición y construcción de caja

Para realizar la conexión trifásica y la verificación de las mismas, es importante una etapa previa, la cual se encargue de tomar una muestra de la señal y conocer su estado. Para ello

se diseña un circuito que acople la etapa de potencia y la etapa digital, permitiendo realizar las pruebas de conectividad y alertar en el momento que salga una de las fases.

En la Figura 5.3 se observa un diagrama de bloques general de la conexión entre la caja metálica y el medidor. La caja metálica está conformada por una etapa de potencia la cual se conecta directamente a la regleta de pruebas donde se toman las tres fases desde las terminarles secudarias del tranformador. Además se observa el prototipos de sello electrónico a colocar en el medidor.

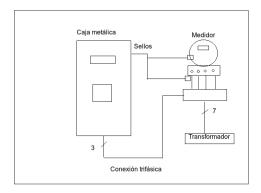


Figura 5.3: Diagrama de bloques general de la solución.

Cabe señalar que el circuito a implementar dentro de la caja metálica será diseñado para una conexión trifásica estrella-estrella con una tensión nominal de 120/208V, esto se debe a que la mayor parte de las redes poseen esta conexión, además que permite tener una idea general de la conexión con los bancos de trasformadores y mayor control en la etapa de medición por la facilidad que presenta esta configuración.

En una conexión estrella-estrella de tres elementos, se emplean medidores A3KL+ los cuales utilizan siete señales (tres de potencial, tres de corriente y el neutro) para realizar el muestreo continuo. La conexión en la medición es a través de un código de colores lo cual permite al técnico conocer la ubicación de las fases. Si existiera conflicto o cambio en las fases será necesario utilizar un detector de fase para configurar nuevamente la red. Además de tener identificada la medición, es necesario y así lo regula la ARESEP, un segundo medidor que se encuentre respaldando la información, ya que es importante que la alimentación que se les suministra sea confiable, no obstante se generan problemas en la lectura del consumo o mal funcionamiento del medidor (cambio en el modo de operación, por la falta de tensión en la fase A).

Como se indica la desconexión de una de las fases afecta el modo del medidor y la lectura de la medición, sin embargo la idea de emplear un circuito de acople para monitorear las fases de forma periódica, permite conocer de forma inmediate la afectación, ya que el prototipo como tal estaría conectado en paralelo a las líneas de tensión que llegan al medidor y enviaría un correo alertando cual fase o cuales fases están desconectadas.

La Figura 5.4 muestra el circuito implementado, el cual está conformado por opto-acopladores que permiten separar físicamente las tierras. Por esta razón se crea un canal que tiene como centro las bases de los opto-acopladores, dando una separación física y estableciendo planos de tierra para las distintas etapas.

Para dimensionar los valores de resistencia se utilizan en el rango de kilo ohms ya que al tener valores de tensión desde los 120 V, es importante que la resistencia no disipe mucha potencia ni genere mucho calor, ya que la medición podría llegar a ser afectada.

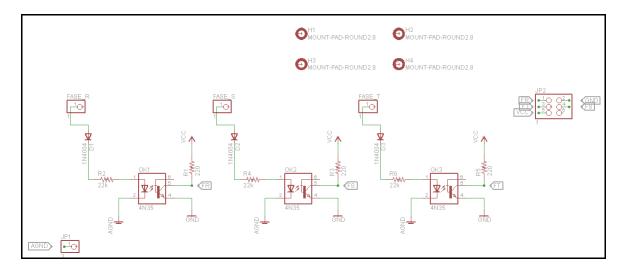


Figura 5.4: Circuito esquemático del sistema de detección de fases.

La idea con este diseño es utilizar una muestra de la señal, como se puede observar en el esquemático se poseen tres entradas correspondientes a las tensiones de fase R,S,T. Los optoacopladores se emplean para separar las tierras eléctricamente y si existiera ausencia de la señal esto se reflejaría de forma inmediata en las entradas digitales de la unidad de control. Para ello se emplea un VCC de 3.3V, sin emabargo por la logíca negativa que se emplea en la programación las resistencias son colocadas entre la salida del optoacoplador y la alimentación.

Al diseñar el esquemático se procede a realizar la PCB, para ello se utiliza el valor de corriente máxima que pueda pasar (I), el rango de temperatura (delta T) y el grosor (onza por píe cuadrado), para el diseño de las misma se emplea la ecuación siguiente, el cual utiliza las constantes mostradas en la tabla 5.2.

$$\acute{A}rea = \left[\frac{I}{k1 * \delta T^{k2}}\right]^{1/k3} \tag{5.2}$$

$$Ancho = \frac{\acute{A}rea}{L*1.378} \tag{5.3}$$

Una vez conocida la temperatura típica de la región central con un rango máximo desde los 18 hasta los 33 grados celcius, con una temperatura interna en la caja de unos 15 grados celcius adicionales a la temperatura externa es necesario dimensionar las pistas con un colchon que permita manejar este incremento. La tabla 5.3 muestra los valores utilizados para los anchos de las pistas en la etapa de potencia y en la etapa digital, no obstante estos valores son teóricos serán importantes para mantener los valores de corriente en la medición.

La Figura 5.5 muestra el circuito impreso que acopla la etapa de potencia (120V) y la etapa digital (3.3V), ya que si no se tuviera por diferencia de tensión y la corriente que soporta

Tabla 5.2: Constantes para cálculo de ancho de pista[28]

contantesk	Valor
K1	0.015
K2	0.5453
K3	0.7349

Tabla 5.3: Ancho de pistas para el circuito impreso de las fases

pista	Valor (mm)
Etapa de potencia	50
Etapa digital	20

el T27200, provocaría que se dañara. Con unas dimensiones de 7x8 cm, lo que la hace fácil de añadir a la placa madre. Este circuito cuenta con una separación de tierras, además de estar aterrizadas para permitir mayor seguridad en el diseño.

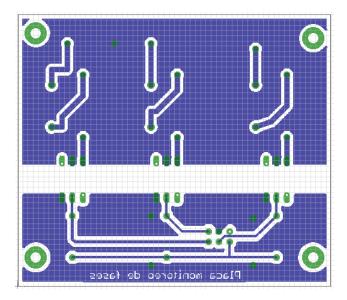


Figura 5.5: PCB para la conexión de fases

Para entender las conexiones entre los diferentes PCBs se presenta la Figura 5.6 donde se muestra la conexión entre el Ts-7200 y los circutos impresos. La primera etapa muestra el bloque de multiplexación que se encarga de distribuir las señales provenientes del teclado hacia las diferentes salidas. La lógica implementada en el sistema empotrado permite controlar este dispositivo y seleccionar entre el teclado, la placa de conexión trifásica y el sello electrónico.

Para la selección del diseño se analiza la relación de puertos que posee el TS7200 y la cantidad de entrads que necesita el prototipo para funcionar. El sistema empotrado posee dos puertos de 16 pines cada uno, sin embargo uno de ellos era exclusivo del LCD, lo que se hace es adaptar el puerto B a una etapa de multiplexación como se observa en en la figura 5.6, de aquí se distribuye entre el puerto del teclado, los sensores y la conexión trifásica.

Para los puertos de fases y sensores fue necesario colocar una etapa de acople mediante amplificadores operacionales para evitar que el nivel de tensión no alcanzara los niveles de la lógica combinacional que posee el TS7200.

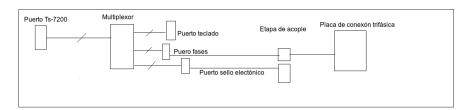


Figura 5.6: Diagrama de bloques general de la solución.

En cuanto al circuito mostrado en la Figura 5.7, fue diseñado para agrupar todas las conexiones que se encargan de manipular las diferentes etapas del sistema. En ella se encuentran el puerto para la conexión de fases, los puertos para sensores de temperatura y humedad, así como el sello electrónico. Esta placa da un mayor control de los puertos, sin embargo es empleada una etapa de de-multiplexación, la cual se encarga de utilizar un demultiplexor analógico cd4053 para utilizar las mismas entradas del teclado como puertos de verificación de fases, para ello se emplea una señal de control a través del puerto B del TS-7200 (pin 15, DIO7) que es utilizada para seleccionar cual salida se va a utilizar y en que momento.

Para el diseño de la PCB se emplea un ancho de pista de 20mm, con plano de tierra para eliminar ruido, ya que al ser una placa donde se concentran las señales y poseen un nivel de tensión relativamente bajo, pueden llegar hacer afectadas grandemente. La Figura 5.8 muestra el circuito impreso diseñado, cabe mencionar que el encapsulado de 14 pines es una compuerta AND de colector abierto 74ls09 necesaria para realizar el acople hacia los relés de 12V que se emplearon para diseñar el prototipo de sello electrónico.

Una vez diseñado el hardware necesario para verificar y manipular cada puerto, se procede a implementar las rutinas de programación encargadas de manejar cada etapa, multiplexar, muestrear, procesar y mostrar la información. La Figura 5.9 presenta un diagrama de flujo donde se toman los datos provenientes de las fases y son utilizados para definir el estado de la misma. Este programa se encarga de almacenar la información en el sistema de archivos del SBC en la dirección /home/editor/Muestras.txt, para luego poder ser cargados por el

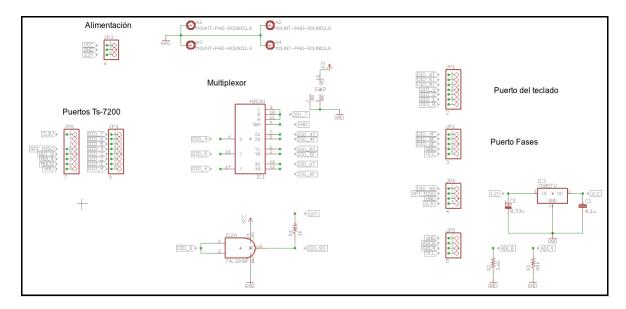


Figura 5.7: Circuito esquemático para la multiplexación de pines.

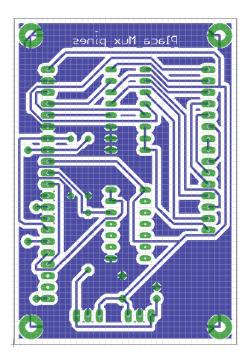


Figura 5.8: Circuito impreso para la multiplexación de pines.

servidor y mostrados en la pagina web.

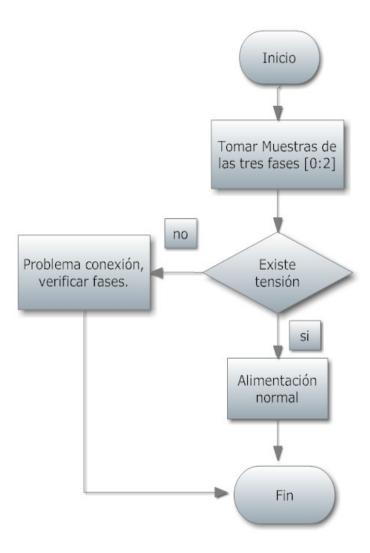


Figura 5.9: Diagrama de flujo para la verificación de las fases.

También se muestra en la Figura 5.10 las placas terminadas. Para la construcción de las mismas se utilizan bases de integrados, resistencias de 100kohms y 520kohms en la placa de conexión de fases. Además un regulador de tensión, resistencias de 82kohms y 3.6kohms para el acople con los sensores, un multiplexor analógico CD4053 y por último pines para conexiones entre ellas.

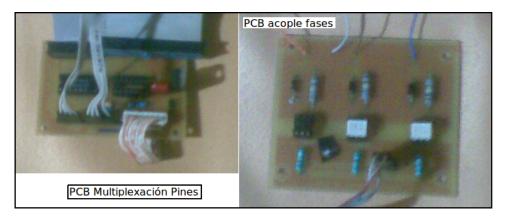


Figura 5.10: Circuitos impresos terminados.

Luego de establecer la conexión con cada puerto, la comunicación y el diseño de las placas que conforman el prototipo, se inicia la construcción de un Case que mantenga las condiciones y le dé protección a el hardware diseñado. Para ello fue utilizado una lámina de acero inoxidable y se llevó a una taller especializado que se encarga de doblar las tapas, soldar y darle forma a la caja. También se colocaron los huecos correspondientes a las placas o impresos que necesitaban el sistema para su funcionamiento, hule de protección y una cerradura para mantener la seguridad del mismo.

La Figura A.5 muestra el prototipo que se construyó, así como la ubicación del TS-7200 y las conexión de los diferentes puertos.



Figura 5.11: Prototipo caja en acero inoxidable.

5.3 Prototipo de sello electrónico

A través de la investigación realizada en el marco teórico para cierres electrónicos, se encuentran diferentes sellos que por las características que tienen no poseen la capacidad de control. Además los cierres como candados con combinación electrónica son sumamente caros (costos superiores a los 25000 colones), lo que los hacen inaccesibles o el costo es muy elevado para la aplicación que se desea.

De esta manera se procede a realizar una investigación para la construcción de un cierre que

sea barato, que tenga características de control y que pueda ser empleado para monitorear en que instante es abierto, mejorando la seguridad en el lugar y dando mayor control sobre quien está manipulado los equipos.

Hardware:

Como idea central, se toma el funcionamiento de un relé para construir el prototipo, ya que por las características que posee funciona como un interruptor controlado por tensión, con la habilidad de abrir o cerrar físicamente los contactos. Este proceso es realizado por electromagnetismo, ya que mediante el bobinado de alambre de cobre que posee y el sistema de interruptor que utiliza, al aplicar una tensión en sus terminales se produce una corriente que se encarga de generar el campo magnético para atraer la placa metálica que realiza el cambio de contacto.

La Figura 5.12 muestra el prototipo a escala del sello electrónico, como se mencionó anteriormente se basa en la estructura de un relé, no obstante posee algunas modificaciones necesarias para realizar el cierre mecánico. Para ello utiliza una faja de plástico con un hueco que funcionan como mecanismos de soporte cuando el relé cierra su brazo, también posee dos conexiones adicionales, las cuales son empleadas para saber el instante en el que se encuentra abierto el sello, ya que una vez que el sistema se energiza se realizará un circuito cerrado entre estos dos pines permitiendo monitorear esta señal a través del Puerto F del TS-7200.

En la figura se muestran cuatro vistas diferentes del sello, en la primera se puede observar la caja y la estructura que hace posible el cierre del relé. Además se muestra el brazo encargado se sostener la faja plástica y la abertura que posee para mantener cerradas las partes. En las demás etapas de observan los cuatro pines empleados para monitorear el estado y realizar el cierre del mismo, para lo cual es importante mantener estos cables protegidos con una cubierta para evitar una alteración en el sello.

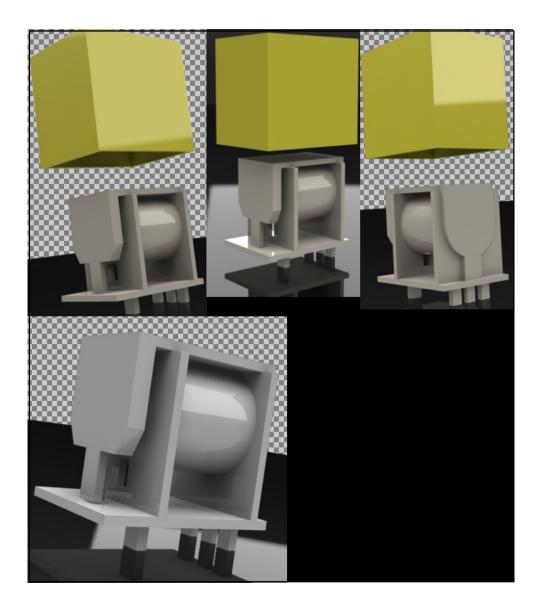


Figura 5.12: Prototipo de sello electrónico.

A manera de presentar la idea anterior con mayor claridad, se presenta el diagrama eléctrico (Figura 5.13) encargado de controlar y monitorear el sello electrónico. Para ello se utiliza un trasisitor 2N3904 como mecanismo de acople y un amplificador operacional, en este caso

es neceario dimencionar el valor de resistencia en la base. El valor de R se calcula a través de las ecuaciónes siguientes, donde se establece un valor de beta de 100 y una corriente de colector de 200mA, obteniendo un valor de R de 1650 Ohms y aproximandolo a 1500 ohms.

$$T = Ib * 100 \qquad = 2mA \tag{5.4}$$

$$R = \frac{3.3V}{L * 2mA}$$
 = 1650ohms (5.5)

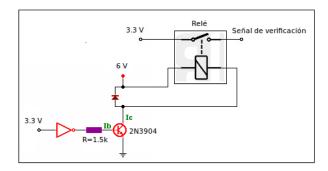


Figura 5.13: Diagrama eléctrico para control de sello.

Software:

Es importante comprender que cada etapa posee una rutina de programación que fue implementada para monitorear e interrogar en tiempo real la etapa de medición. Para ello se presenta el diagrama de flujo mostrado en la Figura 5.14, el cual esta dividido en tres secciones y es , mostrado en dos figura para tener mayor claridad. La primera figura consiste en ingresar y procesar el número de sello principal correspondiente al número de medidor, para ello es empleado el LCD y el teclado matricial. En esta sección se utilizan las librerias para control del teclado y el método writechar; rutinas necesarias para manejar los puertos PortA y PortB como entradas o salidas del sistema. Si el ususario no ingresa algún código el sistema realiza un conteo de 10 segundo y continúa con la etapa siguiente.

Una vez que se ingresa el código correcto el software posee dos sellos adicionales asigados con los números uno y dos, sin embargo se realizaron casos adicionales (ingreso de un sello incorrecto, reconocimiento de sellos ya abiertos y la tecla enter para salir de la etapa de apertura) necesarios para evitar trabas en el sistema, además se almacenará la fecha y el número de sello que se encuentra abierto. La asignación de los códigos para cada sellos se incluye dentro de la programación, existe una rutina que por defecto posee tres sellos los cuales pueden ser abiertos y cerrados en el mismo orden. Esta parte se programó de esa forma, ya que las rutinas de mantenimiento que ejecutan los técnicos en promedio corta uno o dos sellos en cada revisión.

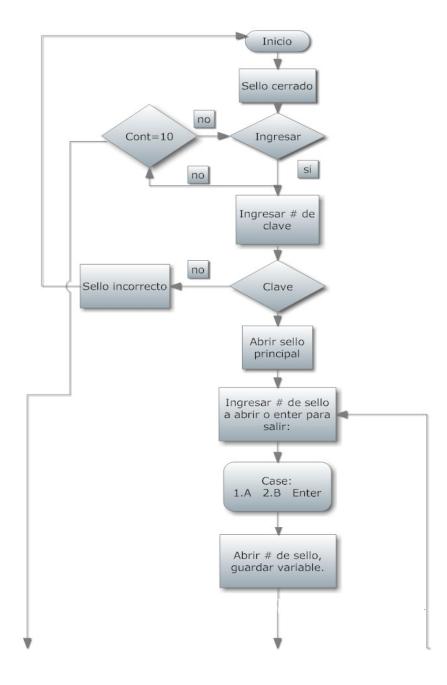


Figura 5.14: Diagrama para la apertura de sello electrónico SSE.

La rutina realizada en la Figura 5.15, está diseñada para que el técnico un vez que realice el trabajo de verificación o lectura en la medición sea capaz de colocar los sellos y cerrarlos de la misma forma que los abrió. Cuando el usuario necesite finalizar, la rutina es capaz de

indicar si existen o no sellos abiertos y continuará con las etapas siguientes cuando se tenga certeza del estado en los mismos.

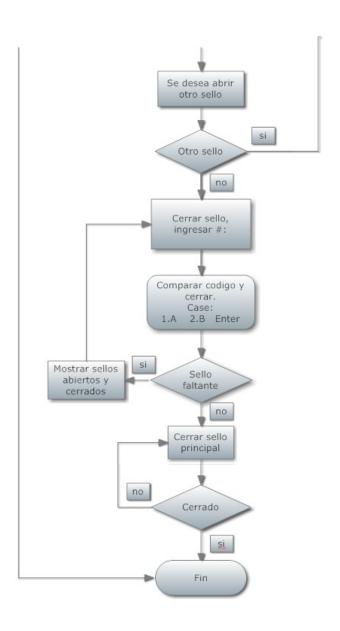


Figura 5.15: Diagrama para la apertura de sello electrónico SSE.

5.4 Comunicación WiFi y la Unidad de Control Central (UCC)

Para realizar la comunicación inalámbrica mediante el TS-7200, fue necesario realizar actualizaciones tanto al sistema de archivos, como al kernel que emplea el SBC para ejecutar Debian Starge y reconocer el dispositivo inalámbrico.

Como primer paso se utilizó el comando apt-get update, para realizar una actualización de los repositorios. También se inicia un proceso para crosscompilar el kernel y actualizar los módulos del mismo.

La Figura 5.16, muestra los comandos necesarios para realizar la crooscompilación del kernel 2.6, para ello se toma como referencia los siguietes sitios web [18], [19], [20], en este caso se descarga, se descomprime y se ejecutan la crosscompilación en la carpeta donde está ubicado el kernel.

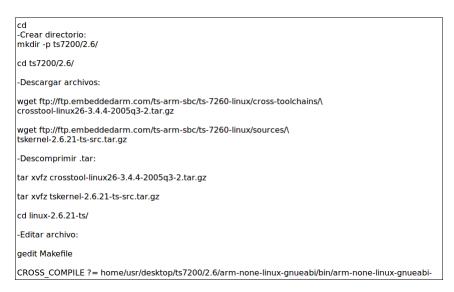


Figura 5.16: Crosscompilación kernel 2.6.[19]

Es importante que el SBC sea conectado a una red para obtener actualizaciones, para lo cual se realiza la conexión con el puerto Ethernet y se ejecutan las pruebas de conectividad con la red del ICE WLAN-ICE a través del comando ping y traceroute. La configuración de la misma se realiza modificando los archivos /etc/network/interface y /etc/resolv.conf importantes para asignar la dirección IP estática y el servidor DNS (Domain Name System) correspondiente, estos valores se observan en la tabla 5.4.

Posteriormente es utilizado el comado make menuconfig para ingresar al kernel, y construir los módulos que necesita el TS-7200 para utilizar los puertos USB y tener una actualización completa del SBC. La Figura 5.17 muestra el comando utilizado y la configuración a utilizar en esa etapa, para ello se utiliza como referencia la siguiente pagina web http://jandmworks.com/ts7200.html [18].

Para establecer la comunicación inalámbrica se emplea la configuración mostrada en la Figura 5.18, para la cual se deben descargar los drivers, configurar los módulos y la red a la cual será

Datos	Valor)
Dirección IP	10.134.76.103
máscara	255.255.252.0
Puerta de enlace	10.134.76.1
Servidor DNS	10.129.21.20
Dominio de búsqueda	10.3.8.19
contraseña red inalámbrica	BC4E7C79D4D23012B1C7A1F9D8

Tabla 5.4: Configuración red ICE.

```
Configurar:

>make ts72xx_defconfig

>make menuconfig

Para el TS-7200

1. "Networking --->" then to "Wireless --->". Make sure the "Generic IEEE 802.11 Networking Stack" 'M'.

2. Los módulos CCMP and TKIP.

3. En "Device Drivers ---> Network Device Support --->
" "Wireless LAN ---->". colocar "Wireless LAN (IEEE 802.11) " como '*'.

4. "USB ZD1201 based Wireless device support" y "IEEE 802.11 (Prism2/2.5/3 y WEP/TKIP/CCMP)" se definen como 'M'.

5. Device Drivers seleccionamos "Character Devices ---->".
"Unix98 PTY support" y "Legacy (BSD) PTY support" se construyen '*'

6. "File systems --->". Select '*' "Ext3 journalling file system support" estableciendo el módulo USB flash-stick en formato ext3.
```

Figura 5.17: Configuración de módulos para kernel 2.6.

conectada el TS-7200. El dispositivo empleado es el WIFI-G-USB-2 dongle (Asus WL-167g) diseñado para establecer la comunicación hacia una red con seguridad WPA.



Figura 5.18: Configuración Asus WL-167g.[13]

Una vez que se establezca la comunicación web se inicia el diseño de la página web, para ello se configura el servidor Apache y PHP5 en nuestra PC. Se utiliza el editor Geany y se instalan los paquetes en nuestra computadora como se muestra en la Figura 5.19, dando facilidad en el manejo del sistema de archivos, la configuración, el diseño y la etética de

la misma desde nuestra PC para posteriomente cargar la pagina terminada en el sistema TS-7200.

Actualización: >sudo aptitude update Instalar MYSOL >sudo aptitude install mysql-server-4.1 Instalar Apache y PHP5: >sudo aptitude install apache2 >sudo aptitude install php5 Archivos necesarios para q MySQL soporte php5 y apache2: >sudo aptitude install libapache2-mod-auth-mysql >sudo aptitude install php5-mysql Reiniciar apache: >sudo /etc/init.d/apache2 restart Diseño de página web en: >sudo gedit /var/www/test.php Dirrección web en: http://localhost/test.php

Figura 5.19: Configuración del servidor apache y php5.[21]

De esta manera se establecen cuatro archivos adicionales en /var/www/ (validar.php, test.php, descargar.php y auxcontrasena.php) necesarios para presentar la página de inicio, la autenticación de la contraseña para ingresar a la página encargada de visualizar los datos muestreados, además del link de descarga de la información tomada de los diferentes puertos. Cabe mencionar que los pasos para la configuración en el TS-7200 son similares, sin embargo el SBC ya tenia por defecto el servidor Apache lo que hace más simple la configuración de PHP5. La Figura 5.20 muestra las rutinas de programación implementadas para mostrar la información de la página web, para ello se carga en el archivo /var/www/Muestras.txt con la información tomada desde la medición, para entender la interfaz el Anexo muestra el manual de usuario donde se observa el diseño de la página web.

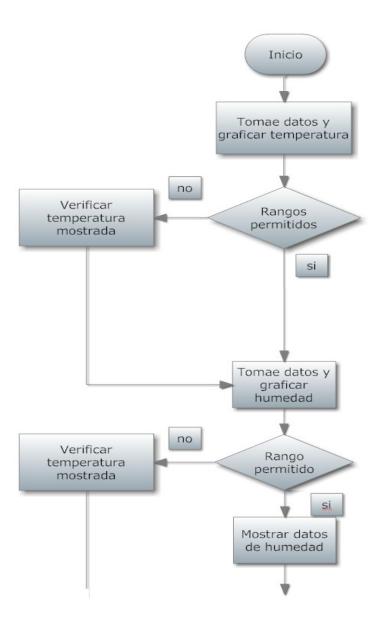


Figura 5.20: Diagrama para la visualización en la web.

La Figura 5.21 es la segunda parte de la rutina de programación encargada de detectar el sello abierto y confirmar el estado de fases en la medición.

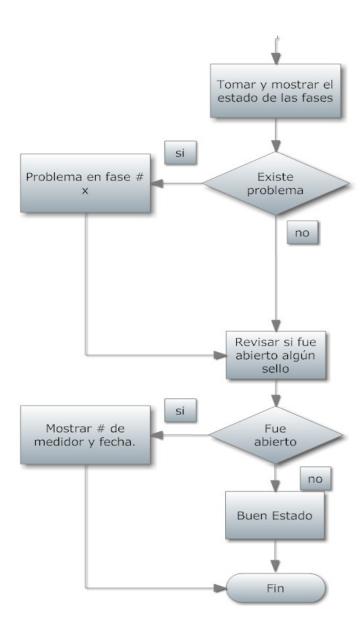


Figura 5.21: Diagrama para la visualización en la web.

Cada una de las etapas presentadas anteriormente están controladas por la UCC encargada de agrupar cada rutina, procesar la información, mostrada y verificar en tiempo real el estado del medidor. La Figura 5.22 presenta el diagrama de flujo general permitiendo tener una

idea clara de lo que se está visualizando en el LCD y lo que está pasando internamente. La UCC está conformado por las siguientes rutinas: Sistema de Humedad y Temperatura (SHT), Control Continuo de Fases (CCF), Sistema de Sello Electrónico (SSE), Transmisión Inalámbrica WiFi (TIWIFI), las cuales fueron explicadas en cada una de las subsecciones de este capítulo, por lo que se sobre entiende que cada bloque corresponde a un flujo diferente que realiza rutinas específicas del sistema de desarrollo.

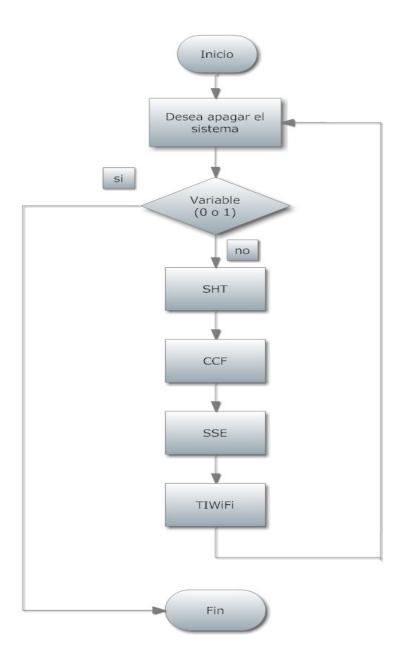


Figura 5.22: Diagrama de flujo para la UCC.

Capítulo 6

Resultados y Análisis

En este capítulo se hace un análisis de los resultados obtenidos tras la implementación del sistema propuesto. Los puntos a analizar son: la efectividad en la determinación del acople de fases con la red eléctrica, la comunicación inalámbrica, su alcanse y la visualización de la información, además el funcionamiento de la UCC, el control de sellos y la adaptabilidad a la medición.

Para evaluar los resultados se realizan pruebas a conexiones trifásicas de 120/208V, además se realiza una etapa de prueba con la red inalámbrica del ICE para establecer comunicación hacia el SBC desde cualquier punto. Por otra parte se presenta la interfaz a los técnicos para que la manejen y tenga un control de los sellos.

Para realizar el análisis se toman las pruebas realizadas hacia las conexiones trifásicas, el comportamiento de los técnicos con el sistema y una comparación del consumo de potencia que presenta el sistema al conectar las fases del medidor.

La primera etapa de pruebas se realiza a través de la conectividad entre la parte de potencia y la red trifásica. En esta sección se presenta un circuito mediante optoacopladores para la separación de tierras; como se puede observar en la tabla 6.1 se establecen los niveles de tensión tanto en la entrada como en la salida del sistema.

Tabla 6.1: Niveles de tensión para el circuito de acople

Entrada R,S,T (V)	Salida r (V)	Salida s (V)	Salida t (V)
120	2.82 (V)	2.75	2.63
0	0.07 (V)	0.06	0.06

La separación de tierras es fundamental con componentes de potencia, ya que al existir una diferencia de potencial entre las tierras provocaría que los niveles de tensión salgan del rango de trabajo e incluso si son valores mayores a las especificaciones de la tecnológia digital como la TTL o CMOS puede dañar el componente. La Tabla 6.2 presenta los valores

de tensión para la tecnología CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) y TTL (Transistor Transistor Logic), sin embargo el comportamiento del integrado dependerá de factores externos y de las caracteristicas electricas del mismo, ya que agentes como el ruido eléctrico generado por la fuente de alimentación o el diseño de las pistas en la PCB, además el fanout y el fanin en compuestas lógicas nos permiten conocer la cantidad de componentes que puede soportar en la entrada o salida del dispositivo a manipular, sin que sea afectado el desfase de la señal o el nivel nominal de tensión.

Tabla 6.2: Niveles de tensión para tecnología CMOS y TTL (5V)

Tecnología	Nivel alto (V)	Nivel bajo (V)	Zona prohibida
CMOS	3.5–5 (V)	0-1	2.5
TTL	2.4–5 (V)	0.2-0.8	1.6

Idealmente el sistema de control TS-7200 utiliza 3.3 V para el control de puertos, sin embargo por la falta de acople, el nivel de ruido que presentan los componentes, la resistencia y las perdidas que se presentan en la placa por disipación de potencia provocan caídas de tensión que pueden perturbar el funcionamiento del circuito.

Al diseñar circuitos impresos se debe tener presente la reducción de la longitud en el conductor y el aumento del ancho de pista para disminuir la inductancia que puede ser afectada a frecuencias de kHz. La finalidad es proporcionar una tierra de baja impedancia y un camino de retorno de alimentación para disminuir el ruido eléctrico.

En la conexión con los puertos de verificación que se definieron en la placa de multiplexación, se emplean seguidores de tensión a través de amplificadores operacionales, ya que los niveles de tensión decaerían aproximadamente en un 20 %, debido al ruido que presenta en las pistas de las placas y la inductancia mágnetica que se produce al realizar acoples con sistemas trifásicos, perturbando la lógica programada que se realiza para el monitoréo la red trifásica. La tabla 6.3 muestra los niveles de tensión obtenidos para las pruebas de conexión de fases del circuito.

Mediantes las tablas 6.3, 6.4 y 6.5, se puede observar el nivel de tensión con y sin el acople, esta diferencia de tensión provoca que los niveles lógicos del dispositivo sean alcanzados o no, ya que el diseño físico de las placas fue totalmente manual lo que hace que los puntos de soldadura expuesto ingresen ruido al sistema, así como las resistencias en cada rama reduzcan la tensión que llega al sistema empotrado.

Tabla 6.3: Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase R

Entrada R (V)	Salida r con acople (V)	Salida r (V)
0	0.06	0.04
120	2.78	2.1

Tabla 6.4: Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase S

Entrada S (V)	Salida s con acople (V)	Salida s (V)
0	0.07	0.05
120	2.70	2.20

Una de las características importantes de la etapa de potencia es que se toma una muestra de la señal, es decir que el circuito fue diseñado para que la cantidad de corriente que pasa por esta rama sea mínima, ya que al emplear una resistencia de 100kohms se disminuyen los gastos de energía y las pérdidas de potencia. La tabla presenta los valores de corriente obtenidos en cada una de las fases de la placa de acople trifásico.

Se realizan las pruebas para la placa de multiplexación de los pines y control de puertos. En este caso el demultiplexor analógico utiliza la señal de control del puero B (DIO7) encargada de seleccionar el teclado o la placa de fases. La tabla 6.7 muestra los valores para la señal de control y los valores de tensión establecidos en la entrada y en la salida del cd4053 empleado en el circuito de multiplexación.

Los niveles lógicos que se emplean están definido de acuerdo a los valores permitidos por la unidad de control, ya que se utiliza la diferencia entre la señal entrante y 3.3V para definir internamente el estado de las variables. En la tabla 6.7 el nivel logico cero en la señal de control provoca la selección del teclado, sin embargo el estado de las variables es debido a que no existir ninguna teclas precionadas por lo que el valor de tensión que ve el dispositivo es el nominal. Por otra parte al cambiar la lógica de la señal a un nivel lógico alto, toma los valores provenientes de la placa de fases dando una diferencia de 0.25 V aproximadamente

Tabla 6.5: Niveles de tensión en la etapa de acople de impedancias fase T

Entrada T	Salida t con acople (V)	Salida t (V)
0	0.05	0.05
120	2.60	2.1

Tabla 6.6: Corriente y potencia en la placa de acople

Tensión R,S,T	Salida r (mA)	Salida s (mA)	Salida t (mA)
120 (V)	1.4	1.3	1.4

debido al acople de impedancias que se diseñó.

Tabla 6.7: Valores de control para multiplexación de pines

Señal logica de control (DIO7)	(V)	DIO6 (V)	DIO5 (V)
DIO4		'	'
0	3.3 (V)	3.3	3.3
1	2.80 (V)	2.76	2.65

La Figura 6.1 muestra el estado de las fases al realizar cuatro pruebas al desconectar cada fase y conectando todas al mismo tiempo. Para la visualización se realiza una lectura desde el LCD para la fase T, además se observa la información almacenada en el instante en el que se tomaron los datos a través del archivo /var/www/miarchivo.txt descargado desde la página web. Cabe mencionar que el estado de las mismas es identificado en tiempo real y almacenado en el dispositivo, además por cada fallo en la fase es enviado un mensaje de alerta a un correo definido por el usuario.



Figura 6.1: Prueba de conexión de fases.

Por otra parte el proceso de captura de la temperatura y la humedad se lleva a cavo mediante los sensores HIH-4010 y AD590, para los cuales en el Marco Teorico fueron presentadas sus características y el rango de operación. Las tablas 6.8 y 6.9 muestra los valores de tensión en cada uno de los circuitos diseñados, así como el valor correspondiente de temperatura y humedad. Además se presenta una tercera columna encargada de mostrar el valor digitalizado de la información para la cual se omite la incertudumbre presentada por el acople de impedancias, ya que la prueba con el acomple de impedancias se presenta en una sección posterior.

Tabla 6.8: Valores experimentales de temperatura

Tensión experimental (V)	Temperatura (C)	T ambiente (C)	Diferencia de temperatura (C)
2.6	22,6	21.4	1.2

Tabla 6.9: Valores experimentales de humedad

Valor de tensión experimental (V)	humedad	humedad ambiente	Diferencia de temperatura
2.6	60.3	68	7.3

El acople de impedancias es una parte fundamental en la conexión de sensores ya que la baja resistencia que poseen provoca que la tensión de salida sea modificada en gran medida al realizar la conexión con algún dispositivo. La tabla muestra el valor de tensión antes y despues de la etapa con ampificadores operacionales, como puede notar el rendimiento de la señal se mejora en 0.75 V estando entre los niveles de control de la señal.

Tabla 6.10: Prueba de acople de impedancias para la etapa de transducción

Variables	Salida sin acople (V)	Salida con acople (V)	diferencia de tensión (V)
Teperatura	1.8	2.55	0.75
Humedad	1.65	2.4	0.75

Para la comunicación establecida entre la página web y el dispositivo, se realizó la configuración de la dirección IP y el servidor DNS del dispositivo vía alambrica y posteriormente inalámbrica, no obstante las pruebas realizadas se presentan mediante un enlace de comunicación, para lo cual la Figura 6.2 muestra la utilización de la consola en Ubuntu para ejecutar el comando PING enviando y recibiendo paquetes entre los dipositivos conectados a la misma red.

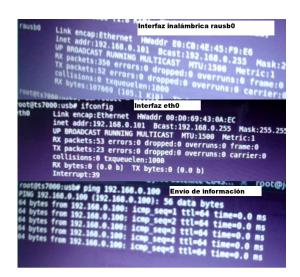


Figura 6.2: Prueba de comunicación con el sistema.

Se realizan pruebas en los tiempos de trasmisión y procesamieto de la información, para ello la tabla presenta el tiempo que tarda el sistema en tomar la información, procesarla y mostrar la información. Esta prueba se realiza tanto para el caso donde existe falla como cuando no existe, ya que al presentarse un problema el sistema utiliza la función sende-mail para notificar vía correo electrónica al ususario, lo que hace que el tiempo en procesar la información y mostrarla en la página se prolongue.

Tabla 6.11: Latencia en el procesamiento de la información

Estado de puertos puertos	Tiempo para visualizar información(s) (V)
Conexión	3
Desconexión	6

Una de las etapas fundamentales del prototipo es el sello electrónico, no obstante por las condiciones en la que se encuentra cada medición es constantemente manipulada. De esta manera la Figura 6.3 presenta las pruebas de conexión y desconexión realizadas para conocer si el sello abre en el momento necesario y la variable de verificación es activada en cada instante.



Figura 6.3: Estado sello.

Capítulo 7

Conclusiones y Recomendaciones

7.1 Conclusiones

- La reducción de la longitud en el conductor y el aumento del ancho de pista se utilizan para disminuir la inductancia que puede ser afectada a frecuencias de kHz, permitiendo una tierra de baja impedancia y un camino de retorno de alimentación.
- La temperatura y humedad varian gradualmente con el tipo de condiciones y ambiente de trabajo que se tenga.
- Al utilizar un acople de impedacias se mejora en un 20 porciento la relación entradasalida de la señal.
- La separación de tierras a través de optoacopladares mejora el tiempo de respuesta del circuito y la protección del mismo.
- La comunicación inalámbrica con el dispositivo permite la faciladad de ubicación en una área variable, dando las caracaterísticas de almacenamiento y verificación continua sobre las fases de la medición.
- La utilización de sellos electrónicos aumenta el costo del dispositivo, sin embargo permite la capacidad de control y la verificación del estado del mismo.
- Al utilizar un relé como prototipo de cierre se reducen los costos económico en comparación con los sellos disponibles comercialmente.

7.2 Recomendaciones

 Incluir al puerto periféfico del sistema empotrado un módulo externo que permite ampliar la cantidad de puertos para mejorar la distribución de cables y la cantidad de sellos que pueda soportar el prototipo. 70 7.2 Recomendaciones

 Verificar las condiciones típicas del área de trabajo en la que pueda ser utilizado el sistema de desarrollo para mejorar.

- Establecer plano de tierra para la eliminación de ruido.
- Es importante definir internamente la ubicación de los cables del sistema.
- Utilizar comunicación inalámbrica para la recepción del control y estado de los sellos electrónicos.
- Realizar una comunicación en red donde existan diferentes medidores y se pueda monitorear cada uno de ellos.
- Utilizar protección sobre el cableado y el diseño de la estructura en el sello electrónico.
- Añadir al software una base de datos para el contról de los diferentes sellos.
- Añadir a la página web el listado de medidores a manipular y el estado del mismo.

Capítulo 8

Bibliografía

[1] Misión y Visión, Instituto Costarricense de ELectricidad.

http://www.grupoice.com/esp/qsomos/infobase/vision_grupoice.htm. Consulatada el 11 de septiempre del 2010.

[2] Instalación y Equipos de Acometidas (AR-DTACO), Autoridad Reguladora de Servicios Públicos.

http://www.aresep.go.cr/docs/04-DEN-2002N_RRG-2440-MEDIDORES.pdf. Consulatada el 22 de febrero del 2011.

[3] Calidad de la Potencia Eléctrica en la normación actual. Seminario Inernacional seguridad, riesgos, calidad y protecciones eléctrica.

http://www.unalmed.edu.co/eventosiem/presentacionespdf/CELMedellin06.pdf. Consulatada el 22 de febrero del 2011.

[4] Medidores de energía Elster, Elster Metering

http://www.elstermetering.com/downloads/A3_ALPHA_meter_2008.pdf. Consulatada el 24 de febrero del 2011.

[5] Internal Telephone Modem 3, Elster Metering

http://www.elstermetering.com/downloads/ITM3_data_sheet.pdf. Consulatada el 24 de febrero del 2011.

[6] UDS1100 External Device Servers, LANTRONIX.

http://www.lantronix.com/device-networking/external-device-servers/uds1100.html. Consulatada el 25 de febrero del 2011.

- [7] resolución de tarifas, Instituto Costarricense de ELectricidad.
- [8] Estación Meorológica de Costa Rica.
- [9]RRG-2440-2001, Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos.

http://www.aresep.go.cr/docs/04-DEN-2002N_RRG-2440-MEDIDORES.pdf. Consulatada el 28 de febrero del 2011.

[10] Hardware Manual, Technologic Systems.

http://www.embeddedarm.com/documentation/ts-7200-manual.pdf. Consulatada el 10 de noviembre del 2010.

[11] M.C. Carlos E. Canto Quintal. El Teclado Matricial.

 $http://galia.fc.uaslp.mx/\ cantocar/microcontroladores/SLIDES_8051_PDF/20_MATRI.P$

Consulatada el 2 de marzo del 2011.

[12] LCD-LED Details, Technologic Systems.

http://www.embeddedarm.com/products/sub-board-detail.php?part=LCD-LED. Consulatada el 10 de noviembre del 2010.

[13] WIFI-G-USB-2(Asus), Technologic Systems.

http://www.embeddedarm.com/about/resource.php?item=528. Consulatada el 14 de junio del 2011.

[14] TS-5620, Technologic Systems.

http://www.embeddedarm.com/products/sub-board-detail.php?part=TS-5620. Consulatada el 10 de noviembre del 2010.

[15] Humidity Sensor, Honeywell.

http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/227310/HONEYWELL/HIH-4000-001.html. Consulatada el 4 de marzo del 2011.

[16] Temperature Trasductocer, Analog Devices.

http://www.analog.com/static/imported-files/Data_Sheets/AD590.pdf. Consulatada el 4 de marzo del 2011.

[17] Samples ,Technologic Systems.

ftp://ftp.embeddedarm.com/ts-arm-sbc/ts-7200-linux/samples/. Consulatada el 10 de marzo del 2011.

[18] J. K. Cunningham, Configuration TS-7200.

http://jandmworks.com/ts7200.html. Consulatada el 15 de marzo del 2011.

[19] Technologic Systems.

http://embeddedfreak.wordpress.com/2008/12/02/compiling-ts-72xx-linux-kernel-2621-using-codesourcery-gcc/. Consulatada el 25 de marzo del 2011.

[20] Simio.

http://www.simiolabs.com/developer/wiki/index.php?title=Main_Page. Consulatada el 22 de abril del 2011.

[21] Intalar Apache y PHP5, Ubuntu.

http://ubuntu.chapinware.com/2006/05/22/como-instalar-apache-mysql-php5/. Consulatada el 23 de febrero del 2011.

[22] Indicador meteorológico,

https://launchpad.net/weather-indicator. Consulatada el 7 de abril del 2011.

- [23] Valle Central. Instituto Meteorológico Nacional. http://www.imn.ac.cr/educacion/climacr/inde Consultada el 15 de junio del 2011.
- [24] Sellos electronicos de seguridad. Alibaba. http://spanish.alibaba.com/products/electronic-security-seals.html. Consultada el 20 de mayo del 2011.
- [25] Cierres electromagnéticos. grupo29. http://www.grupo29.com/pdf/05electroimanes12004.pdf. Consultada el 20 de mayo del 2011.
- [26] Cierres electrónicos S.A., Cerradura CE.http://www.rblocks.com/cerraduras-electronicas/ce/. Consultada el 20 de mayo del 2011.
- [27] VELASQUEZ. Los relés electromagnéticos. http://www.velasquez.com.co/aplicaciones/ ${\rm AN}_{Rel}$

8 Bibliografía 73

[28] Taller PCB. Ronal Soto. http://www.ie.itcr.ac.cr/rsoto/PCB/Taller20pcb/calculos20ancho20pista. Consultada el 10 de mayo del 2011.

Apéndice A

Apéndice

En esta sección se muestran las abreviaturas, símbolos, características que son parte del cuerpo del informe; así como el manual de usuario que permita comprender el funcionamiento general del sistema implementado y fichas técnicas importantes en el área de medición.

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

Armónicos: Son tensiones o corrientes que se presetan en los dispositivos electónicos, son múltiplos de la frecuencia fundamental (60 Hz).

Calidad de energía: Es la energía que se suministra a los equipos o dispositivos, que cumplan con las características que permitan mantener su continuidad sin que afecte el desempeño de las mismas.

CBEMA: Computer Business Equipment Manufacturer's Association.

Conexión estrella-estrella: Una conexión estrella puede estar dada por la carga o por la fuente en el caso de la fuente, se presenta un desfase de 120 grados entre ellas y la carga al ser balanceada típica en trasformadores para conexiones industriales se utilizan converciones típicas entre ellas.

Demanda: Es una tarifa empleada por el ICE, la cual se fundamenta en 7 código de lectura y se toma la enegía de todo el mes más el pico mayor.

Energía: Es el resultado que se presenta en una diferencia de potencial entre dos puntos.

Factor de potencia: Es la relación entre la potencia activa y la potencia aparente en corriente alterna.

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.

ITIC: Information Technology Industry Council

Periodos punta, valle y nucturno: Son periodos del día que se define el incremento en el consumo de la energía electrica.

Potencia aparente: Es la potencia compleja en un circuito de corriente alterna.

Potencia reactiva: Se presenta cuando existen condensadores o bobinas, no tiene el caracter de ser consumida.

76 A.2 Manual de usuario

Potencia resistiva: Representa la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de energía eléctrica.

Sistema trifásico: Se utilizan sistemas trifásicos para la dstribución, producción y consumo de la energía eléctrica, los diferentes sistemas trifásicos pueden ser estrella estrella, delatadeltal, la convinación entre ellas y conexiones especiales.

PDT: Sus siglas en ingles son Portable Data Terminal, EL cual es utilizado para la lectura de equipos de medación electrica a través de puerto RS-232 e inclusive la comuniación bluetooth.

A.2 Manual de usuario

Este manual de usuario contempla el software o interfaz a manipular para verificar en tiempo real cada una de las variables importantes del sistema. Además las características y casos en los que pueda presentar el dispositivo.

La visualización de las condiciones en la medición, están dadas por una pagina web, en la Figura A.1 se muestra la pagina principal, la cual presenta información de lo que se mostrará una vez que se ingrese, para ello se utiliza una dos cuadros de texto, uno para colocar el usuario (ICE) y la otra para ingresar la contraseña (medidores). Luego de tener la información correcta se preciona el boton de inicio y se procesa la información.



Figura A.1: Pagína principal de la página web.

Si la información es incorrecta se muestra el mensaje No estas autorizado para estar aqui, la cual le indica al usuario un error para ingresar a la página de validación.

La página de validación se presenta en la Figura A.2, muestra una interfaz en la cual el usuario puede observar en lapsos de quince segundos el estado de las variables obtenidas de forma remota. También posee un enlace llamado Descargar Datos al precionarlo es posible descargar la información con la hora y fecha en la cual fue tomada la información.

A Apéndice 77



Figura A.2: Menu página web.



Figura A.3: Información menú de inicio.

Por otra parte si se presenta alguna anomalia en las fases, el estado del sello o los rangos de temperatura se mostrará en el cuadro de la derecha (Figura A.2), además se envía un correo electrónico indicando el problema existente.

78 A.2 Manual de usuario

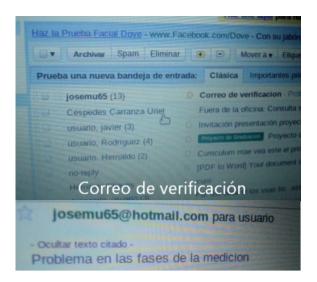


Figura A.4: Correo de verificación.

Luego de entender la visualización de la información, es importante que el usuario entienda de donde proviene la información y que se debe realizar en el sitio donde se ubica el equipo. La Figura A.5 muestra la caja prototipo que será ubicada en el lugar de medición, la cual cuenta con dos sensores (uno de humedad y otro de temperatura), además la conexión trifásica para detectar la ausencia de energía y por último el sello electrónico.



Figura A.5: Caja metalica del sistema.

A Apéndice 79

La Figura A.6 muestra la interfaz instalanda en la medición para que el técnico encargado de interrogar el medidor pueda observar las condiciones ambientales y realizar la apertura de los sellos en la medición.



Figura A.6: Menu página web.

Como primera instancia el sistema le indica al usuario cual es la función principal, además de establecer la opción de apagar el sistema para mantenimiento o traslado.



Figura A.7: Menu página web.

80 A.2 Manual de usuario

Posteriormente se inicia la lectura de los sensores de humedad y temperatura, para ello las Figura A.8, A.9, A.10 muestra los valores obtenidos en tiempo real y el procesamiento de la información.



Figura A.8: Visualización interfaz temperatura.



Figura A.9: Visualización interfaz temperatura y humedad.



Figura A.10: Datos de muestreo de temperatura y humedad.

A Apéndice 81

Luego se inicia la etapa de sellos la Figura A.11 muestra al usuario si desea realizar la apertura de sellos, para esto se tiene un lapso de quince segundo, si no es precionado ningún botón el sistema continua con la siguiente etapa.



Figura A.11: Interz apertura de sello.

82 A.2 Manual de usuario

Al ingresar a la etapa de sellos se indica que ingrese el número de sello para ello es importante conocer el número de medidor sino se presentará un mensaje de error, las Figuras A.12, A.13, A.14 muestran la etapa para reconocimiento del sello principal.



Figura A.12: Menú sello pricipal.



Figura A.13: Procesamiento sello principal.



Figura A.14: Validación sello.

A Apéndice 83

Posteriormente las Figuras A.15, A.16 muestra la apertura de los sellos secundarios, en este caso existen dos sellos con los nombres 1 y 2 los cuales pueden ser abiertos si se preciona algun otro y no existe el LCD indicará un error. Para salir de esta etapa se preciona la tecla help para continuar.



Figura A.15: Menu sellos secundarios.



Figura A.16: Validación sello.

84 A.2 Manual de usuario

Una vez que se realice el trabajo corespondiente en la medición, el técnico debe realizar el proceso inverso, es decir cerrar los sellos secundarios y luego el sello principal. En este caso el sistema indicará el momento en que todos los sellos se encuentre cerrados y se puede continuar con la etapa de fases.



Figura A.17: Estado de sellos.



Figura A.18: Menu de cerrado sellos.



Figura A.19: Estado sello principal.

A Apéndice 85



Figura A.20: Cerrado sello principal.

Las Figuras A.21, A.22, A.23 muestra el procesamiento de las fases, así como el estado de los sellos, el LCD le indicará al usuario la conexión o nó de las mismas. Una vez terminado el proceso se vuelve a preguntar por la desconexión del sistema e inicia todo el proceso ciclicamente.



Figura A.21: Monitoreo fases del medidor.



Figura A.22: Estado de fases en el medidor.

86 A.2 Manual de usuario



Figura A.23: Verificación estado de sello.