

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



**Monitoreo remoto del funcionamiento eléctrico de la estación base de red
WiMAX en Berlín de San Ramón**

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

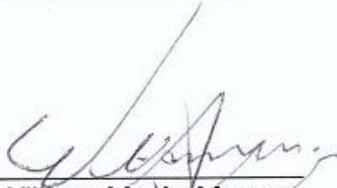
Gustavo Angulo Vargas

Cartago, Enero de 2012

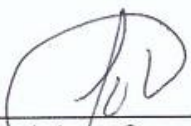
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
PROYECTO DE GRADUACIÓN
TRIBUNAL EVALUADOR

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. William Marín-Moreno

Profesor lector


Ing. Johan Carvajal Godínez
Profesor asesor

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

Cartago, 23 de Enero del 2012



Declaración de autenticidad

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.

Cartago, 23 de Enero del 2012



Firma del autor

Gustavo Angulo Vargas

Céd: 2-0605-0505

Resumen

La empresa IDNET brinda servicios de Internet de banda ancha, enlaces corporativos de transporte de datos y otra diversidad de aplicaciones en telecomunicaciones a lo largo y ancho del territorio nacional. Para tal fin cuenta con más de 12 estaciones de telecomunicaciones, desde las cuales se distribuye la señal a los usuarios por medio de la novedosa tecnología WiMAX.

Muchas de estas estaciones se localizan en lugares aislados, por lo cual no poseen personal destacado de forma permanente que las supervisen de cortes eléctricos o adviertan acerca de la inoperatividad de algunos equipos al no reconectar automáticamente a la red eléctrica, siendo necesario ir personalmente a la torre para conectar de forma manual los sistemas a la red.

Este tiempo en que se demora en reconectar los sistemas de la estación base, ha provocado pérdidas económicas importantes para la empresa, ya que no solamente se pierden enlaces de red, sino que la calidad del servicio brindado a los usuarios es deficiente; perjudicando en última instancia la imagen misma de la empresa.

El presente proyecto de graduación pretende desarrollar un sistema de monitoreo que permita informar de forma expedita a los encargados del Departamento de Soporte de dos situaciones particulares: la temperatura y el estado eléctrico en la estación. Además de poder realizar un reinicio remoto de la línea eléctrica que alimenta los equipos en el lugar.

El sistema a implementar tomará en consideración factores como el tamaño del prototipo, la escalabilidad, el consumo de energía, costo económico y el medio de transmisión. Asimismo será necesario definir una forma efectiva de visualizar los datos recopilados y alerta a los encargados.

Palabras clave: red WiMAX, sistema de monitoreo, reinicio remoto, temperatura, conjunto de protocolos TCP/IP, aplicación Web.

Abstract

The company providing Internet IDNet broadband, corporate bonds data transport and other diverse applications in telecommunications throughout the country. For this purpose it has more than 12 telecommunications stations, from which the signal is distributed to users through the new WiMAX technology.

Many of these stations are located in isolated places, so it has no permanent staff seconded from the monitor, power outages or warn about non-functioning of some equipment by not automatically reconnect to the electrical network, making it necessary to go personally to the tower to manually connect to the network systems.

The time it takes to reconnect the base station systems, has caused major economic losses for the company, and lost not only network links, but the quality of service provided to users is poor, ultimately hurting instance the image of the company.

This project aims to develop a grading system that allows monitoring report expeditiously to the support department in charge of two situations: the temperature and electrical state in the station. Besides being able to perform a remote reboot power line supplying the equipment in place.

The system to be implemented will consider factors like the size of the prototype, scalability, power consumption, economic cost and the transmission medium. It is also necessary to define an effective way to visualize the collected data and alerts managers.

Keywords: WiMAX network, monitoring system, remote reboot, temperature, stack TCP/IP, Web application.

Dedicatoria

*A Dios por darme la fuerza, el entendimiento y
la perseverancia día a día, en este viaje
pasajero por el mundo.*

*A mis padres, que con su esfuerzo, dedicación y
apoyo incondicional me han impulsado a
alcanzar mis metas, los amo.*

Agradecimiento

En primera instancia, deseo agradecer a mis padres porque siempre hicieron hasta lo imposible para ayudarme a sacar adelante mi estudio.

A mis hermanas por soportarme y entenderme todo este tiempo, las quiero mucho.

A ese ángel, que Dios puso en mi vida desde el colegio. Gracias a ti doña Isabel por tus oraciones y ayuda, tu desinterés y bondad marcaron mi vida.

A mis compañeros de casa Cartago, que por muchos años reímos, lloramos, sufrimos y celebramos; gracias amigos por hacer que en mi tiempo de estudio descubriese el verdadero compañerismo.

Al ingeniero Johan Carvajal Godínez, tengo un agradecimiento profundo por darme su amistad, apoyo, ayuda y corrección a lo largo del proyecto.

A Juan Carlos Pacheco, por permitirme trabajar y desarrollar mi proyecto en su empresa.

Finalmente, y no por ser menos importante, agradezco a ti preciosa, Keylin. Por estar a mi lado durante toda la carrera, hiciste mi preocupación en la tuya y siempre has tenido las palabras idóneas en los momentos de tormenta, gracias por mostrarme lo bello de compartir la vida sin esperar nada a cambio, con quien se ama de corazón.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	5
1.1 Problema existente e importancia de su solución	5
1.2 Solución seleccionada	7
Capítulo 2: Meta y Objetivos	10
2.1 Meta	10
2.2 Objetivo general	10
2.3 Objetivos específicos	10
Capítulo 3: Marco teórico	11
3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar	11
3.1.1 Proceso de atención ante una avería	11
3.1.2 Distribución eléctrica de la radio base	12
3.2 Antecedentes Bibliográficos	13
3.3 Variables a medir y tecnologías utilizadas para su medición	16
3.3.1 Temperatura	16
3.3.2 Detección del estado eléctrico en la estación	16
3.3.3 Reinicio de la línea de alimentación de los equipos	18
3.4 Descripción de la distribución física de los equipos en la estación	20
Capítulo 4: Procedimiento metodológico	22
4.1 Reconocimiento y definición del problema	22
4.2 Obtención y análisis de información	23
4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución	23
4.4 Implementación de la solución	25
4.5 Reevaluación y rediseño	26
Capítulo 5: Descripción detallada de la solución	29
5.1 Análisis de soluciones y selección final	29
5.1.1 Solución para el monitoreo de estado eléctrico	29
5.1.2 Soluciones para el reinicio de la línea de alimentación de los equipos	29
5.1.3 Soluciones para el monitoreo de temperatura	30
5.1.4 Soluciones para la comunicación del sistema	30
5.2 Plano de ubicación de sensores y sistema de conexión a la red	31
5.3 Descripción del hardware	32
5.3.1 Modulo Ethernet	34
5.3.2 Módulo detección de estado eléctrico	37
5.3.3 Módulo de reinicio en la línea de alimentación eléctrica de los equipos	37
5.4 Descripción del software	40

5.4.1	Rutinas de software del módulo Ethernet.....	40
5.4.2	Rutina de software del procesamiento variables de sensado y reinicio por parte del microcontrolador principal.....	43
5.4.1	Aplicación Web	44
Capítulo 6: Análisis de Resultados		46
6.1	Resultados	46
6.2	Análisis de resultados.....	51
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones		55
7.1	Conclusiones	55
7.2	Recomendaciones.....	56
Bibliografía.....		57
Apéndices		58
A.1	Glosario, abreviaturas y simbología.....	58
A.2	Manual de usuario.....	59
A.3	Protocolos de medición	63
A.4	Información sobre la empresa	64
Anexos.....		65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.2-1	Diagrama de bloques de la solución.	8
Figura 3.1-1	Diagrama del proceso solución de una avería.....	12
Figura 3.1-2	Vista superior de la distribución eléctrica en la estación de comunicaciones.	13
Figura 3.2-1	Ejemplo solución de monitoreo y visualización Web mediante productos de Microchip.	14
Figura 3.2-2	Arquitectura del modelo TCP/IP.	15
Figura 3.2-3	Tarjeta PIC32 Ethernet DM32004.	15
Figura 3.3-1	Empaquetado plástico para el LM35DT.	16
Figura 3.3-2	Sensor de Hall de corriente.....	17
Figura 3.3-3	Configuración para un adaptador CA-CD universal.....	18
Figura 3.3-4	Interruptor Motorizado.....	19
Figura 3.3-5	Relé electromecánico JCQ-3F.	20
Figura 3.4-1	Ubicación de equipos a lo interno de la estación de comunicaciones en Berlín.	21
Figura 5.2-1	Ubicación de sensores y conexión a la red.	32
Figura 5.3-1	Diagrama de bloques de primer nivel de la solución.	33
Figura 5.3-2	Diagrama de bloques de segundo nivel de la solución.	34
Figura 5.3-3	Diagrama de bloques para transmisión Ethernet.....	34
Figura 5.3-4	Diagrama de segundo nivel para la tarjeta Ethernet Starter.	36
Figura 5.3-5	Tarjeta Ethernet y tarjeta de expansión E/S.	36
Figura 5.3-6	Circuito esquemático detector de estado eléctrico en la estación base.....	37
Figura 5.3-7	Circuito esquemático para el reinicio de la línea de alimentación de los equipos.	38
Figura 5.3-8	Prototipo de sensado de estado eléctrico, temperatura y reinicio.....	39
Figura 5.3-9	Diseño de la placa para el sensado de estado eléctrico, temperatura y reinicio.	39
Figura 5.3-10	Diagrama esquemático del sistema solución.....	40
Figura 5.4-1	Diagrama de flujo desarrollado para la tarjeta Ethernet Starter.	41
Figura 5.4-2	Diagrama de flujo para el funcionamiento del servidor HTTP.....	42
Figura 5.4-3	Diagrama de flujo para el procesamiento de variables de entrada y salida.	43
Figura 5.4-4	Diagrama de flujo para la función <i>ActualizarStatus</i>	45
Figura 6.1-1	Panel de eventos en la estación de comunicaciones.	49
Figura A.2-1	Solicitud de autenticación para entrar al sitio Web.....	59
Figura A.2-2	Vista general del sitio Web programado en HTML.....	60
Figura A.2-3	Página auxiliar de la ubicación de las distintas estaciones a lo largo del país.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6.1-1	Resultados obtenidos en pruebas al módulo detección de estado eléctrico y reinicio	46
Tabla 6.1-2	Temperatura del sistema versus temperatura con termómetro clínico. ..	47
Tabla 6.1-3	Resultados obtenidos en pruebas del sistema solución completo.....	48
Tabla 6.1-4	Resultados de la prueba de estabilidad.	50
Tabla 6.1-5	Funcionamiento de los equipos reiniciados remotamente.....	50
Tabla 6.1-6	Consumo de energía del sistema.	50

Capítulo 1: Introducción

1.1 Problema existente e importancia de su solución

La empresa IDNET S.A., tiene como actividad principal la transmisión inalámbrica de datos con servicio de seguridad de la información e Internet de banda ancha a nivel nacional, constituyéndose en los primeros en emplear una red WiMAX dentro del país desde finales del 2006.

De esta manera IDNET S.A. mantiene su red en varias regiones del país, dentro de las cuales ha instalado estaciones base en áreas urbanizadas de San José, Heredia, Alajuela, Cartago y en áreas rurales de Liberia, Santa Cruz, Puntarenas, San Ramón, Ciudad Quesada, Guápiles, Limón y Pérez Zeledón.

En dichas estaciones no se cuenta con personal destacado de forma permanente, por lo que se encuentran sin funcionarios que las supervisen durante intervalos considerables de tiempo.

En IDNET S.A. existen antecedentes en el desarrollo de soluciones para monitorización de las estaciones de comunicaciones, el cual es dedicado exclusivamente a factores propios del enlace realizado, como potencia de transmisión, nivel de señal, distancia del enlace, entre otro. Es por ello que a través del Departamento de Investigación y Desarrollo se desea realizar mejoras en el proceso de monitorización, que permitan ahorrar recursos y garanticen un mejor servicio a los usuarios.

Dicha mejora se enfoca a que en repetidas ocasiones, se han dado problemas en el suministro continuo de energía eléctrica a los sistemas de la estación base por parte del Instituto Costarricense de Electricidad, es así como entra en operación un banco de baterías que mantiene la funcionalidad de forma temporal.

Una vez restablecido el fluido eléctrico por parte del ICE se presentan dos escenarios, el primero de ellos es aquel en donde la carga de las baterías no ha sido consumida por completo y el segundo en donde ocurre lo contrario y los sistemas han dejado de funcionar, por tal motivo las empresas clientes quedan sin servicio de Internet. En ambos casos es necesario que los sistemas de la estación base continúen funcionando por medio de la red eléctrica del ICE, pero cuando el escenario dos se presenta existe el inconveniente de que la estación base no es capaz de entrar en operación y es necesario ir personalmente a la torre para conectar de forma manual los sistemas a la red eléctrica.

Este fenómeno ha provocado que clientes prescindan del servicio de red brindado por IDNET S.A. Así por ejemplo, en los últimos tres meses del año sólo ha ocurrido un fallo en la estación base de este tipo, pero esto fue suficiente para dejar sin servicio de red a los clientes por más de 4 horas y que uno de estos decidiera no contratar más los servicios otorgados.

Este tiempo que se demora en reconectar los sistemas de la estación base, corresponde a una combinación de situaciones. En primera instancia se da el desconocimiento por parte de los empleados de IDNET S.A. ante una interrupción en el suministro de energía eléctrica a los sistemas, en donde han recurrido a llamar a vecinos de la zona cercana a la estación para que les informen del estado de la red eléctrica. Posteriormente otro factor que contribuye en la demora del restablecimiento de los servicios consiste en el traslado en vehículo hasta la torre afectada.

Reforzando el proceso descrito en el párrafo anterior, actualmente si existe un corte en el enlace, los técnicos basan el proceso de solución en mediciones de paquetes enviados y recibidos por el cliente. Si ocurre una diferencia entre paquetes debe realizarse un reinicio por red, en caso de no funcionar es necesaria la revisión de los elementos que componen el enlace, pues no existen puntos de medición que permitan conocer el origen de la falla. Pudiendo ser este ocasionado por un fallo eléctrico o un sobrecalentamiento de temperatura en la estación que provoque la no funcionalidad de algún equipo.

En este momento, el mercado de telecomunicaciones se encuentra en un proceso de apertura, lo que significa que los clientes son cada vez más críticos con el servicio brindado. Por lo tanto es de interés para la empresa solucionar cualquier falla que signifique una pérdida de confianza por parte de los clientes.

Además, si el servicio brindado a los usuarios es deficiente, la superintendencia de telecomunicaciones castigará a la empresa con multas. Estas multas se calculan con base en la cantidad de usuarios afectados y el espacio de tiempo en que los servicios estuvieron suspendidos.

Por lo tanto, detectar las averías eléctricas en las estaciones de comunicaciones en el menor tiempo posible constituye la clave para evitar multas por parte de la SUTEL y deserción de clientes.

Algunos de los beneficios que experimentará la empresa al implementar un sistema de monitorización serán:

- Alertas inmediatas ante la interrupción del fluido eléctrico.

- Registro de la temperatura en la estación de comunicaciones, ya que ante un fallo eléctrico de algún equipo en la estación es importante descartar que se halla dado por sobrecalentamiento del mismo.

- Reinicio remoto de aquellos sistemas que presentan problemas de funcionamiento.

- Disminuyen las multas debido al incumplimiento de servicios.

- Mejora la imagen empresarial.

- Disminuye la cantidad de personal necesario para la vigilancia de las estaciones.

1.2 Solución seleccionada

Al seleccionar una solución, deben tenerse en cuenta los requerimientos de la empresa y el proceso de monitoreo aplicado a otras áreas, de tal manera que el diseño de la solución se ajuste a la política de trabajo de la empresa, entre ellos:

Escalabilidad: La solución que se pretenda desarrollar debe ser adaptable en las distintas estaciones de telecomunicaciones. No es factible construir un prototipo que sea útil únicamente para una estación y que necesite modificaciones considerables para ser adaptado a otras estaciones. La intención a largo plazo es solucionar la problemática existente en las restantes estaciones distribuidas a lo largo del territorio nacional.

Alimentación del sistema: Es importante notar que la manera en que se alimentan eléctricamente los elementos de sensado como el sistema de control del monitoreo, deben ser ajenas a la alimentación principal proveniente de manera externa la red del ICE, pues hace al sistema de monitoreo vulnerable ante cualquier corte en la electricidad, provocado o no, dejará el sistema de alarma fuera de servicio. Además la altura de las antenas y la altitud en que se localizan algunas estaciones las hace vulnerables a descargas atmosféricas y por ende la vulnerabilidad se traslada al sistema de monitoreo.

Tecnologías recientes: Se pretende profundizar en las distintas tecnologías recientes que pueden ser utilizadas para diseñar una solución con las características descritas en esta sección.

Bajo costo: Es vital considerar el presupuesto económico disponible por parte de la empresa para el diseño y desarrollo de la solución, proyecto, de esta manera en cada área de la Ingeniería Electrónica involucrada en la solución, se debe pensar en

elementos de bajo costo, alto rendimiento y confiabilidad que lleven a cabo el cometido.

Visualización de la información: Mediante la creación y programación de una página web, se pretende que el sistema de monitoreo sea capaz de tomar las muestras de las variables y procesarlas. De tal forma, que puedan generarse banderas de alerta ante alteraciones en los sensores, en aquellos casos que se requiera o simplemente un despliegue de la información, todo ello en tiempo real.

Ahora bien, en cuanto a la metodología de trabajo aplicada en la empresa es importante señalar que cuenta con personal especializado 24 horas al día, siete días a la semana, en la revisión de las páginas web asociadas a monitoreo existente. Es por ello que en el diseño de la solución se ha considerado crear una página web, de tal forma que pueda ser manejada por el personal de manera similar a lo que ya trabajan, en cuanto a la visualización del monitoreo. Con ello, no es preponderante enviar un respaldo de las alertas generadas vía correo electrónico o mensaje SMS.

En base a estos requerimientos se da inicio al proceso de diseño de la solución. En el diagrama de la Figura 1.2-1 muestra el diagrama de bloques de la solución del proyecto.

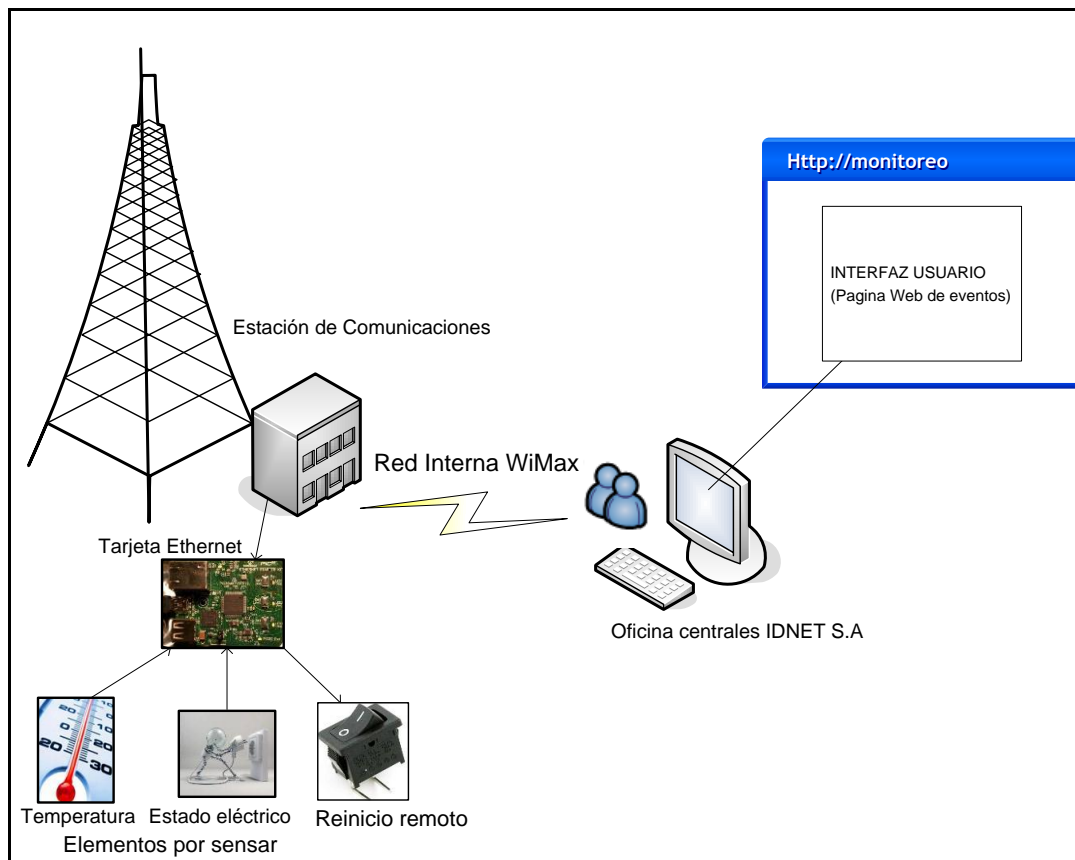


Figura 1.2-1 Diagrama de bloques de la solución.

Del diagrama anterior, se pueden inferir cinco áreas de trabajo que componen la solución, dentro de ellas se ubican: comunicaciones, potencia, monitoreo, microprocesadores y diseño de software.

Así para la medición del estado eléctrico en la estación base se emplea un sistema de potencia que funciona como convertidor de voltaje CA-CD, obteniendo a la salida un nivel lógico de voltaje CD procesable por el microcontrolador de la tarjeta Ethernet. Cuando no se tiene presencia de fluido eléctrico suministrado por la red del ICE en la estación, la salida del circuito convertidor estará en cero lógico, generando una alerta en el sistema de monitoreo que indica la presencia de un fallo eléctrico.

Para monitorear la temperatura en el lugar, se utiliza un sensor de precisión en grados centígrados, dicha precisión es de 10.0 mV por grado centígrado. Este elemento permite enviar al microcontrolador la medición de temperatura en cualquier instante.

Una vez que las señales han sido recibidas, acondicionadas y procesadas por la tarjeta PIC32 Ethernet Starter, se utiliza un modelo de descripción de protocolos conocido como TCP/IP para la transmisión de los datos. Estos son enviados mediante la red interna WiMax desde la estación hasta un punto lejano ubicado en las oficinas centrales de IDNET S.A.

Se desarrolla la aplicación web que permite la visualización de los datos desde cualquier punto que tenga acceso a la red interna de la empresa. Esta página Web es la interfaz con el usuario y a través de ella se puede visualizar los eventos registrados en la estación de comunicaciones.

Capítulo 2: Meta y Objetivos

2.1 Meta

El proyecto se realiza con la intención de minimizar el tiempo de atención a las interrupciones en el servicio de red brindado por IDNET S.A para garantizar la satisfacción del cliente.

2.2 Objetivo general

Desarrollar un sistema de monitorización remoto que permita medir la temperatura, así como conocer si hay electricidad en la estación base, con el propósito de reducir el tiempo de atención ante eventos de carácter energético.

2.3 Objetivos específicos

2.3.1 Diseñar e implementar aquellos elementos de medición necesarios para la monitorización de la temperatura y el estado eléctrico en la estación, además de una interfaz eléctrica que permita el reinicio de la línea de alimentación de los equipos.

2.3.2 Desarrollar rutinas en lenguaje C para el sistema de procesamientos de eventos, que permita la adquisición de datos provenientes de los sensores y el control de acciones a seguir, así como la transmisión y recepción de información por medio del puerto Ethernet.

2.3.3 Elaborar e implementar una interfaz gráfica, que permita al sistema de procesamiento desplegar la totalidad de eventos en una aplicación Web, indicando la ubicación de la estación base y la razón de dicho evento.

Capítulo 3: Marco teórico

3.1 Descripción del sistema o proceso a mejorar

3.1.1 Proceso de atención ante una avería

La empresa realiza acuerdos de nivel de servicio SLA con todos sus clientes, en donde se define la calidad del servicio, dentro de estas características se incluye la disponibilidad horaria en cuanto a la atención de averías. Es así, como trabajan bajo el sistema 24/7, el cual le brinda al cliente la posibilidad de reportar alguna inconformidad o desperfecto en el servicio brindado durante cualquier hora del día a fin de establecer una pronta reparación.

Para alcanzar esto, IDNET S.A. cuenta con el departamento de soporte y servicio al cliente. Este recibe la notificación de una desconexión en el enlace de red WiMAX, que es visto por el cliente como una caída en el servicio de Internet o en el traslado de datos.

Con ello, el personal a cargo del monitoreo realiza una reconexión por red a través del sistema Nagios Centreon. Que consiste en una aplicación web dinámica, donde se puede visualizar la lista de clientes, ubicación, el estado del enlace (Up/Down), dirección IP, entre otros datos de interés del enlace WiMAX [1], realizado desde una estación de comunicaciones dada hasta el radio ubicado al cliente.

En la Figura 3.1-1 se detalla el proceso solución ante una avería, en donde es importante anotar que lamentablemente no existe un sistema que permita alertar a los encargados en forma expedita ante un corte eléctrico, causa muy común de averías en las estaciones de comunicaciones.

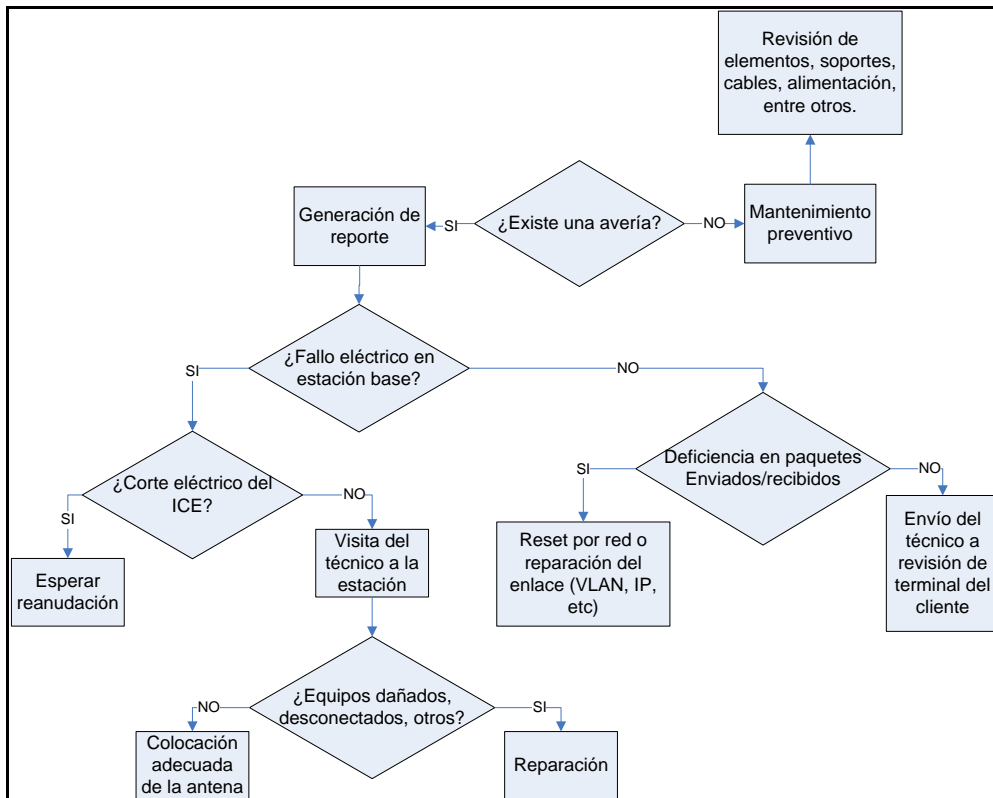


Figura 3.1-1 Diagrama del proceso solución de una avería.

3.1.2 Distribución eléctrica de la radio base

Eléctricamente la estación de comunicaciones posee alimentación externa proveniente de la red del Instituto Costarricense de Electricidad y en caso de fallo se conmuta a un banco de baterías de forma temporal, por medio de una UPS en línea.

Posteriormente se hace la distribución de las líneas eléctricas, tal y como lo muestra la figura 3.1-2.

Es relevante observar que la línea correspondiente al enchufe 1 es la que se utiliza para alimentar los equipos de red presentes en la estación, mientras que al enchufe 3 corresponde otra línea independiente dedicada a la conexión de herramientas externas cuando se realizan trabajos de mantenimientos en el lugar.

La distribución de estos enchufes se concentra en la esquina opuesta a la entrada principal a la edificación, puesto que ese es el espacio designado para la colocación del rack que alberga los equipos de red.

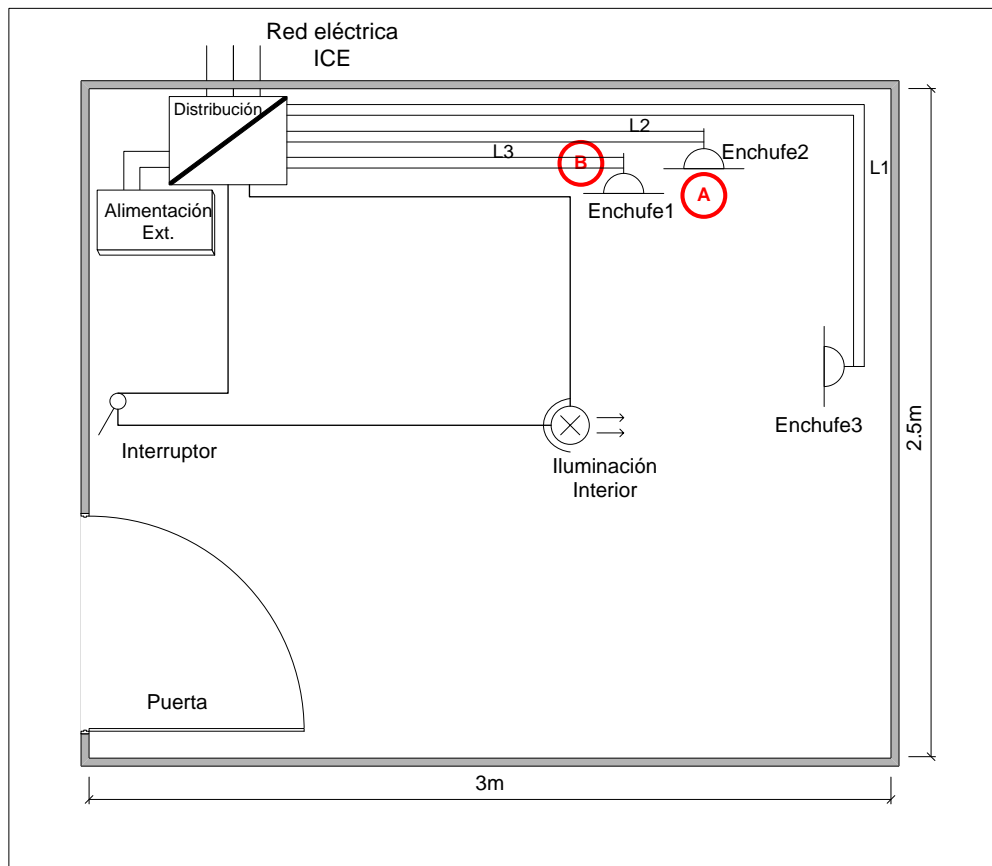


Figura 3.1-2 Vista superior de la distribución eléctrica en la estación de comunicaciones.

El punto A, encerrado en un círculo en la figura anterior, señala el lugar crítico para la medición del estado eléctrico de la red del ICE presente en el lugar. Esta línea eléctrica viene directamente de la red mencionada, por lo cual se convierte en el punto de medición más importante.

Otro punto marcado con la letra B, muestra el sitio crítico para realizar un reinicio de la línea que alimenta a los equipos.

3.2 Antecedentes Bibliográficos

Dentro de aplicaciones similares investigadas en Internet respecto al tema del proyecto, en Marzo del presente año un par de estudiantes de apellidos Amaquiña y Caviedes presentan un proyecto de graduación en la facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Escuela Politécnica de Quito en Ecuador.

En donde se realiza un monitoreo continuo del estado eléctrico de 510 breakers en total, de dos tableros principales de distribución de energía y 10 subtableros

instalados en la estación de Collaloma. Dicha información es enviada a 4 PLC's comunicados con un servidor HMI mediante TCP. [2]

Con el objetivo de no ingresar al servidor, se instala una pantalla Mangelis y así visualizar los eventos. El sistema sólo se aplicó a una estación en particular, su implementación presenta un alto costo económico y visualización de los eventos únicamente en la estación.

En cuanto a antecedentes de sistemas de monitoreo comunicados mediante Ethernet, la empresa Microchip ha lanzado la línea de tarjetas integradas con arquitectura PIC32. En donde, es posible como lo muestra la Figura 3.2-1 integrar sensores para ser monitoreados y controlados mediante una aplicación Web.

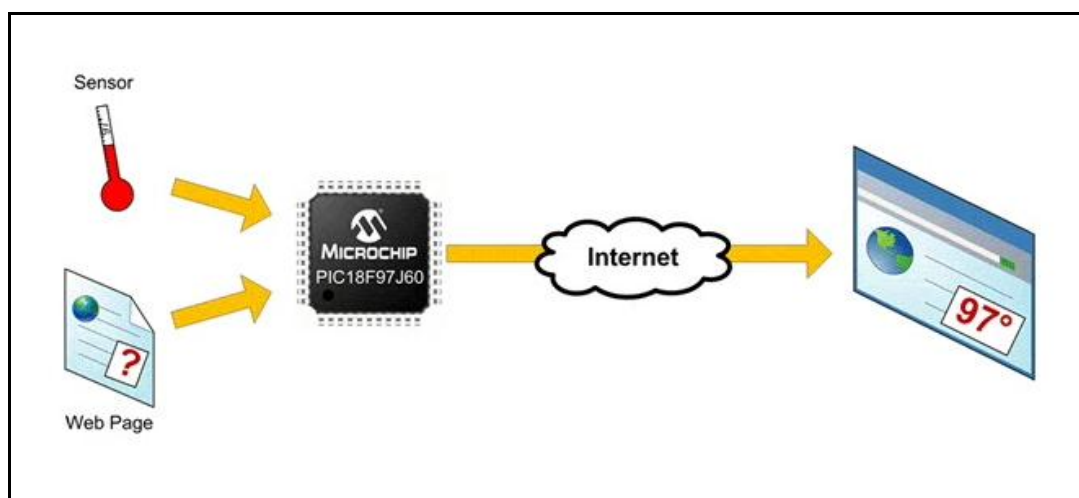


Figura 3.2-1 Ejemplo solución de monitoreo y visualización Web mediante productos de Microchip.

Estos productos cuentan con grandes ventajas, específicamente la tarjeta PIC32 Ethernet Starter Kit es una tarjeta embebida con capacidad de Ethernet a 10/100Mbps. Está ensamblada con un PIC32MX795F512L como controlador principal, además del PIC32MX440F512H como debugger de la tarjeta.

Utiliza el stack TCP/IP proporcionado por Microchip y escrito en C para manejar las funciones de conexión a la red, el cual está conformado por la arquitectura de capas mostrada en la figura 3.2-2.

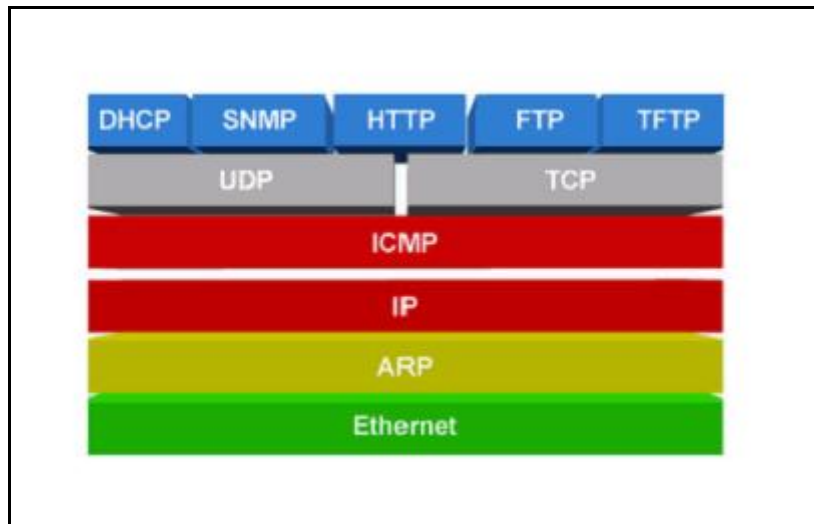


Figura 3.2-2 Arquitectura del modelo TCP/IP.

Dentro de las aplicaciones típicas que se pueden desarrollar con esta tarjeta embebida están: servidor HTTP, clientes de correo, interfaz Ethernet a RS232 y viceversa, control remoto vía servidor Web, aplicaciones USB, entre otras.



Figura 3.2-3 Tarjeta PIC32 Ethernet DM32004.

Dentro de las funcionalidades más importantes se tienen:

- Programador y debugger integrado.
- En conjunto con la tarjeta de expansión DM32002 alcanza 120 pines de acceso total a las señales del MCU.
- Puede ser controlada mediante una página Web.
- PIC32 ejecuta a 80 MHz con 512K Flash, 128K RAM. DMA + 8 ch. DMA dedicado a Ethernet, CAN y USB.
- Alimentación mediante USB o externo.

3.3 Variables a medir y tecnologías utilizadas para su medición

3.3.1 Temperatura

Se constituye una de las variables en la monitorización del sistema, es por ello que dentro de las tecnologías aplicadas hoy en día para su medición pueden hallarse sensores como los siguientes:

- LM35

Se caracteriza por ser un circuito integrado cuya salida de tensión es proporcional con la temperatura en la escala de grados centígrados. Dicho sensor opera en un rango de -55° hasta $+150^{\circ}$ centígrados y con una alimentación de 4 a 20 Voltios.

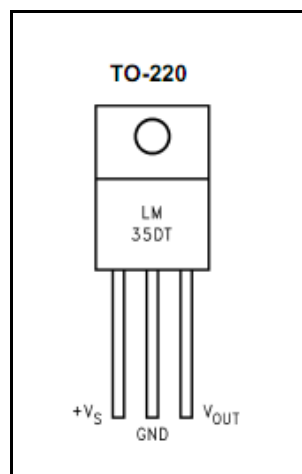


Figura 3.3-1 Empaquetado plástico para el LM35DT.

- Maxim DS1621

Se caracteriza por ser un termómetro digital, que opera en un rango de temperatura desde los -55° hasta los $+125^{\circ}$ Celsius en incrementos de 0.5°C . La temperatura es leída es un valor de 9 bits y utiliza una interfaz de lectura/escritura de datos de 2 canales. Se alimenta en el rango de los 2.7 a los 5.5 Voltios.

3.3.2 Detección del estado eléctrico en la estación

El proceso de verificación si hay o no presencia de energía eléctrica en la estación define la segunda variable a monitorizar, debido a la importancia de reducir el tiempo de atención a las interrupciones por este tipo de fallo.

Para ello industrialmente se han investigado dos tipos de elementos que pueden funcionar en la detección de flujo de corriente eléctrica por una línea de tensión, descritos a continuación:

- Sensor de Hall

Este sensor se basa en el principio del de efecto Hall, en donde la corriente que atraviesa un conductor primario genera un campo magnético de rotación alrededor del conductor. En el aro del dispositivo de efecto hall se sitúan los sensores, produciendo a la salida una cantidad proporcional de la corriente circulante por el cable colocado en el interior, tal y como lo muestra la siguiente figura.



Figura 3.3-2 Sensor de Hall de corriente.

En caso de que el proveedor de la energía eléctrica a la estación base presente un corte, este será detectado mediante una detención en el fluido de la corriente hacia los sistemas. Una lectura de cero proveniente del sensor de Hall permitiría activar una alerta de ausencia de electricidad en el lugar.

- Convertidor AC-DC

Este tipo de configuración, convierte como su nombre lo indica un voltaje de entrada alterno en uno directo.

Dentro de las aplicaciones se pueden encontrar principalmente fuentes de alimentación, en la mayoría de los casos aparatos electrónicos tales como computadoras, celulares, reproductores, entre otros.

La siguiente figura muestra el circuito interno de un adaptador universal disponible en el mercado, el cual dispone de varias salidas.

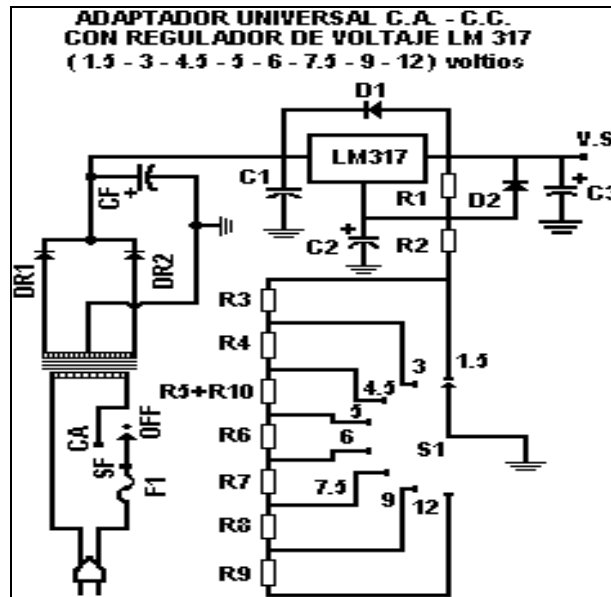


Figura 3.3-3 Configuración para un adaptador CA-CD universal.[9]

En el diagrama anterior se observa que por medio de un transformador se reduce el voltaje de entrada de 120Vac a un nivel CD, posteriormente pasa por diodos DR1 y DR2 que rectifican la señal, para luego aplicar la señal a un filtro mediante el condensador CF aislando así la señal variable. Posteriormente la señal ingresa a un regulador de voltaje variable, es por ello que de acuerdo con las resistencias escogidas se obtienen distintos valores de tensión a la salida del adaptador, además dicho regulador permite proporcionar a la salida un nivel de CD bien definido con una tensión de rizado muy baja. Este adaptador cuenta con protección a la entrada mediante el fusible F1 y a la salida protección para cortocircuito.

3.3.3 Reinicio de la línea de alimentación de los equipos

Otra de las variables corresponde al reinicio de la línea de alimentación eléctrica de los equipos, no es una variable pasiva como las anteriores sino que es activa en el sentido que tiene control directo sobre la el paso de corriente en la línea descrita.

Dentro de dispositivos que puedan ser útiles en el control de la alimentación a una carga de potencia mediante la distancia se pueden citar:

- Interruptor motorizado

El interruptor motorizado se caracteriza por poder controlarse a distancia de manera eléctrica y son diseñados para asegurar el suministro de energía a una carga en diversas aplicaciones.

La mayoría de estos dispositivos pueden ser operados de forma manual o remota y poseen varias líneas de interrupción, tal y como se observa en la figura 3.3-4.

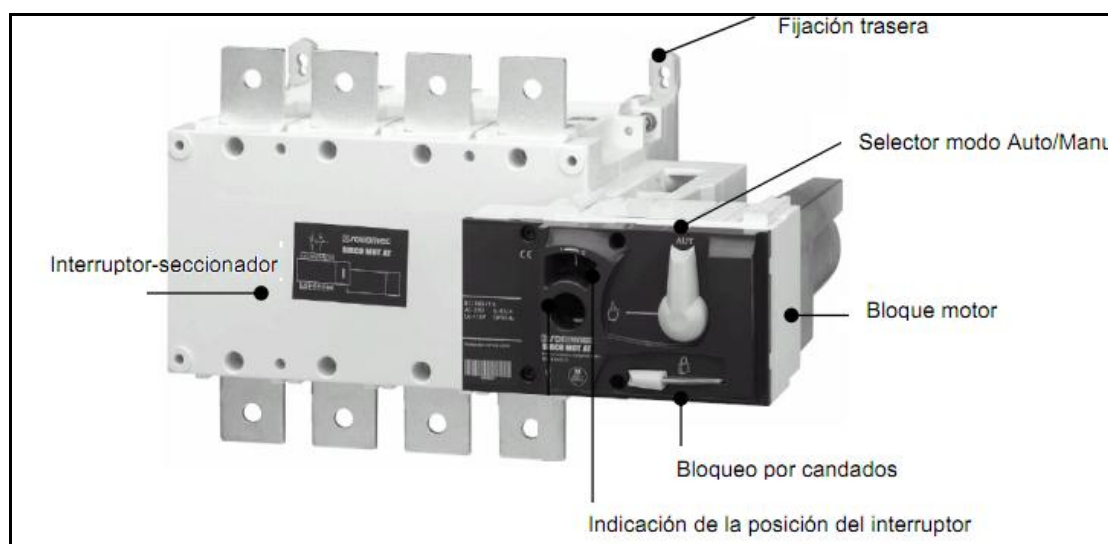


Figura 3.3-4 Interruptor Motorizado.

- El relé

El relé funciona como un interruptor que por medio de un circuito eléctrico se activa o desactiva. Dentro de estos dispositivos se encuentran varios tipos, dos de ellos pueden funcionar dentro del proyecto.

El primero de ellos es el relé de estado sólido, el cual posee un circuito compuesto por un optacoplador que funciona de aislante entre la entrada o circuito de disparo por cruce por cero y la salida, generalmente un triac que actúa como el interruptor de potencia.

El otro tipo de relé es el electromecánico (véase figura 3.3-5). El cual es de un tamaño físico menor, de un bajo costo y presenta un mayor desgaste mecánico al conmutar. Está compuesto por una bobina y un electroimán que acciona el contacto que permite abrir o cerrar un circuito independiente.



Figura 3.3-5 Relé electromecánico JQC-3F.

3.4 Descripción de la distribución física de los equipos en la estación

En primera instancia una estación de telecomunicaciones o radio base es el sitio físico donde se localizan todos los equipos de interfaz de radio, circuitos de transmisión y recepción que permiten la comunicación con los usuarios finales. [7]

Se compone de distintos elementos, así se encuentran bien definidos: un edificio con equipos de control, una torre o poste de transmisión, elementos móviles o electromecánicos y en algunas estaciones existen también equipos de fibra óptica.

A lo externo se puede encontrar en la torre elementos como transmisores, antenas y pararrayos. Siendo este último elemento gran relevancia debido a que atrae un rayo ionizado para conducir la descarga hacia tierra, de tal modo que no cause daño a la construcción, equipo o personas cerca del lugar.

Es esencial conocer aquellos equipos a lo interno de la estación base, para establecer su conexión eléctrica y funcionalidad. La Figura 3.4-1 muestra equipo como breakers, un banco de baterías de ácido plomo, router, switch y en algunos casos equipos de fibra óptica.

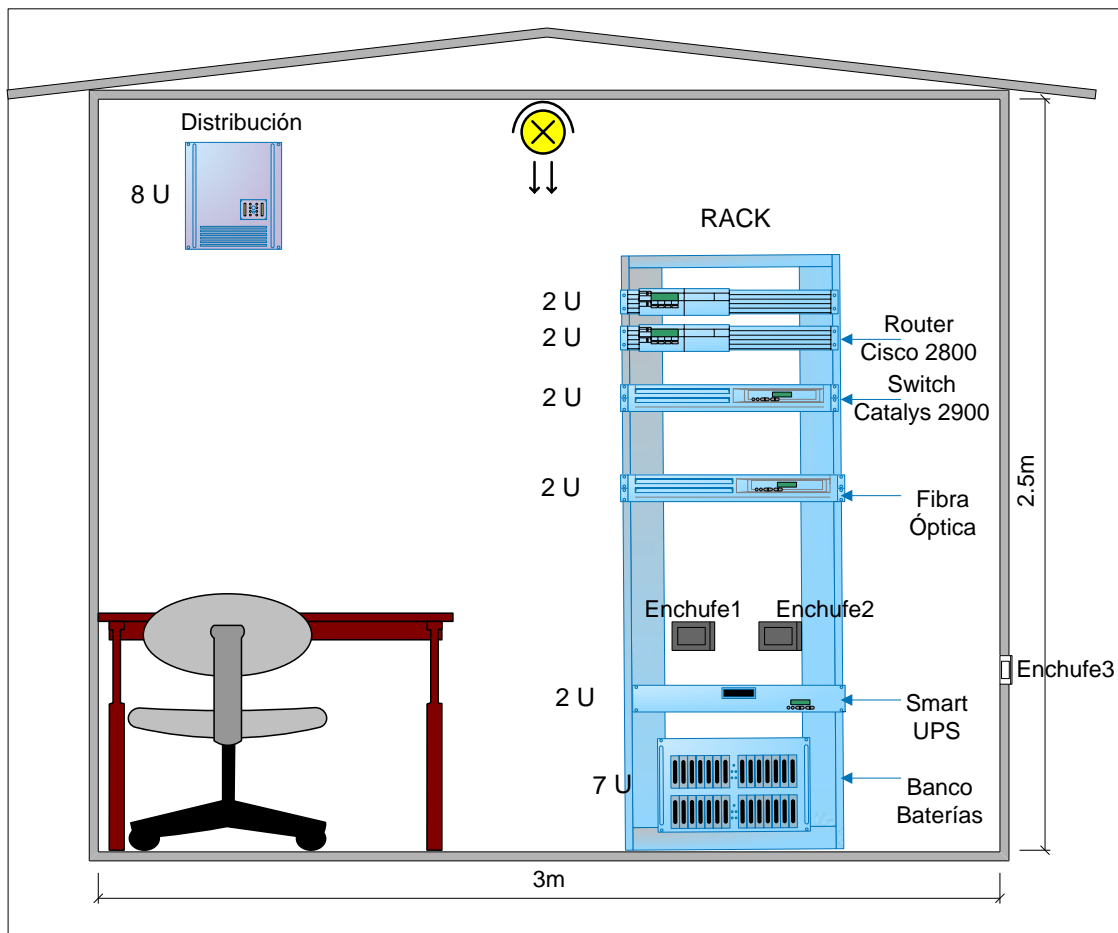


Figura 3.4-1 Ubicación de equipos a lo interno de la estación de comunicaciones en Berlín.

Como se observa en la figura anterior, los equipos están colocados en un rack o estante, cercano a los enchufes disponibles en el lugar. Al lado se encuentra una mesa y una silla para mayor comodidad cuando se realizan trabajos de mantenimiento o reparación de los enlaces de red.

Cuando ocurre un corte en el fluido eléctrico externo, se habilita mediante la UPS el funcionamiento del banco de baterías; en cuyo caso la operación normal de los equipos no se ve afectada. En el momento en que la carga del respaldo energético ha sido consumida por completo, tanto el switch como el router y transmisores externos a las antenas dejan de funcionar.

En el momento en que la energía ha sido restaurada por parte del Instituto Costarricense de Electricidad en especial el switch y transmisor no entran en operación normal, al parecer el estado eléctrico en que han quedado los bloquea por lo cual se hace necesario el reinicio eléctrico de estos equipos.

Capítulo 4: Procedimiento metodológico

El presente capítulo introduce al lector a la solución y los distintos pasos seguidos para obtener un prototipo funcional. Se pretende hacer ver la metodología utilizada, de manera tal que en los siguientes capítulos pueda comprenderse la solución implementada en su totalidad.

4.1 Reconocimiento y definición del problema

Al dar inicio el periodo de trabajo en la empresa, se da pie a la investigación bibliográfica sobre conceptos y elementos relevantes asociados al proyecto. Es por ello que se tornó fundamental conocer la estructura típica de las estaciones de comunicaciones en uso, el funcionamiento de la red de transporte de datos (WiMAX) y el procedimiento de atención al cliente y mantenimiento de los equipos.

Una reunión inicial con el asesor de la empresa permite dejar en claro los requerimientos planteados en el anteproyecto. Se evacuaron dudas del manejo eléctrico en las estaciones y se retomaron aspectos importantes referentes a la problemática existente en las estaciones y las consecuencias para la entidad.

Posteriormente se coordinó con personal técnico, una visita a la estación de comunicaciones ubicada en Berlín de San Ramón, en donde sería posible la visualización y familiarización con los equipos y la problemática previamente discutida.

Se realiza una entrevista con el personal encargado del monitoreo, se discute la forma en que se atienden las averías y avisos al personal técnico. Se esbozó el diagrama de flujo seguido por el personal en el mantenimiento o en la solución de una avería. Además de conocer la aplicación web con la que están familiarizados en el monitoreo de la red de las distintas estaciones y usuarios.

En tanto se realizaba un esbozo de la solución se fue delimitando aún más el problema. En dos ocasiones se realizaron reuniones con encargados de la empresa para discutir las ventajas y desventajas de cada intento de solución. Al mismo tiempo se iba comprendiendo con mayor detalle el problema al cual se hacía frente.

Para delimitar los alcances de cada una de las soluciones se recurre al planteamiento inicial de requerimientos. Se revisa el nivel de cumplimiento de la posible solución con respecto a los indicadores de los objetivos relacionados.

4.2 Obtención y análisis de información

Conforme se tenía mayor claridad sobre el entorno que envuelve la problemática, fue posible el planteamiento de distintas soluciones. El planteamiento de dichas soluciones está basado en información relevante obtenida mediante investigación bibliográfica del tema de monitoreo, entrevistas con el personal de la empresa y búsqueda de aplicaciones similares en Internet.

Se realiza un estudio detallado de las hojas de datos de aquellos componentes que puedan dar solución al problema, con el fin de evaluar posteriormente ventajas o limitaciones en cuanto a los requerimientos de la solución.

Las simulaciones de los elementos de sensado son realizadas con Multisim 11® de National Instruments, mientras que para realizar las simulaciones del microcontrolador y programas desarrollados se empleó la herramienta MPSIM de MPLAB IDE, que consiste en un entorno de prueba para los micro controladores de Microchip®.

Dentro de las restricciones para cada una de las soluciones, se pueden citar en primera instancia la escalabilidad solicitada por la empresa. El proyecto no podía ser basado en situaciones particulares de una estación de telecomunicaciones. Además es importante que el microcontrolador principal posea suficientes puertos de entrada y salida para a futuro agregar funcionalidades al monitoreo.

Otra restricción importante está ligada al costo de los elementos de medición y control del sistema. El sistema debía mantenerse dentro del presupuesto establecido por la empresa inicialmente.

El tamaño de los elementos de medición, rápida respuesta, consumo de potencia y su facilidad de ensamblaje fueron otras características que poco a poco permitieron reducir la solución.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de una solución

A continuación se hará una breve descripción de algunas alternativas de solución valoradas para atacar distintos puntos del problema. Se pretende mostrar al lector los principales criterios utilizados para la selección de la solución.

Para plantear alternativas de solución se toma como fundamento las investigaciones en Internet, recomendaciones de expertos y estudio de las hojas de datos de los posibles elementos a emplear. Dentro de la similitud de aplicaciones,

como se menciona con anterioridad la realización de un proyecto de graduación en la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de La Escuela Politécnica de Quito, Ecuador. Dicho sistema de monitoreo presenta la cualidad de emplear PLC's como sistema de monitoreo eléctrico a un tablero de distribución en una estación. Dicha implementación es costosa y presenta elementos no necesarios, como por ejemplo la visualización en pantalla de los eventos en la estación de comunicaciones.

Por lo tanto, la investigación realizada abarca tanto elementos de sensado disponibles en el mercado como sistemas de control del monitoreo, y es el diseño en ingeniería aportado por el estudiante y recomendaciones realizadas por el profesor asesor los que brindan la forma en que se realizara la solución.

El primer paso para aceptar o desechar una alternativa de solución consiste en el precio. Gracias a las recomendaciones dadas e investigación se opta por emplear tarjetas integradas con puerto Ethernet, y otras características interesantes; de ellas se manejan dos opciones a precio similar y dentro de la capacidad presupuestaria de la empresa. Al igual para los elementos de sensado de temperatura, circuito convertidor CA-CD que actúa como sensor de estado eléctrico y por último el circuito encargado de realizar el reinicio de la línea de alimentación de los equipos en caso de no reconectar a la red del ICE.

Dichas soluciones se restringen en el sentido de que puedan ser empleadas en varias de las estaciones a futuro, por lo que cualquier caso especial de sensado en alguna estación, será inmediatamente desechado.

El tamaño de los elementos debe ser el más pequeño posible, por lo que alternativas de solución con sensores de gran tamaño deben ser desechadas. Además un tamaño considerable puede significar un consumo de potencia igualmente elevado por lo que se opta por aquellas soluciones discretas. Relacionado con el tamaño de los elementos electrónicos en la solución se encuentra sumamente ligada la facilidad de montaje, por lo tanto entre dos soluciones se escogerá aquella que requiera un menor trabajo de ensamblaje.

Ahora bien, una vez que una alternativa de solución ha pasado los filtros iniciales se procede con una simulación respectiva que permita comprobar su validez y su implementación. Para tal fin se utiliza el software MPLAB de Microchip®.

Al contar con los sensores físicos, se realizan pruebas de laboratorio que permitan demostrar un funcionamiento adecuado. Las pruebas iniciales son básicas, sin embargo fundamentales pues permiten desechar o depurar la solución planteada.

Finalmente, conforme se avanza en las pruebas se realizan cambios que colaboren en el funcionamiento adecuado de la solución final. Por ello cuando se presentan errores de instalación, compilación, simulación, entre otros, se recurre a las hojas de datos, configuraciones de los dispositivos presentes en la red o ejemplos que permitan la corrección.

4.4 Implementación de la solución

Retomando el diagrama de bloques mostrado en la Capítulo 1 de este documento, el proyecto consta de 4 bloques funcionales. El funcionamiento de cada uno de estos bloques puede ser comprobado, mientras que el acople de estas etapas brinda como resultado un prototipo funcional.

- **Comunicación mediante tarjeta Ethernet**

Este fue el primer bloque desarrollado, el cual permite la comunicación en todo momento entre la estación de comunicaciones y las oficinas centrales de IDNET S.A.

Mediante investigación y recomendaciones de expertos, se compra la tarjeta modelo DM32004. Procediendo a la revisión de la documentación y ejemplos brindados por Microchip, así como la ejecución de pruebas de los mismos.

Es importante recalcar que para hacer dichas pruebas se utiliza el software proporcionado por la empresa fabricante de la tarjeta. El conocido MPLAB®, en su versión 8.56 se utiliza como editor modular y permite seleccionar el microcontrolador necesario. Es a través del compilador C32 de la misma compañía que se encarga de traducir a código máquina las instrucciones descritas en lenguaje de alto nivel C. Dicha tarjeta presenta la ventaja de traer implícito un debugger o depurador para eliminar errores y finalmente realizar la grabación en el circuito integrado.

Mediante la conexión del puerto Ethernet de la tarjeta al conector RJ45 del computador se establece la comunicación mediante TCP/IP y visualización de los eventos en una aplicación Web previamente realizada.

- **Procesamiento de los datos capturados por los sensores**

Esta función es realizada por el microprocesador PIC32MX795F512L presente en la tarjeta Ethernet. Este toma las señales analógicas provenientes de los sensores y primeramente son convertidas a digitales para ser entendidas y analizadas según lo establecido y generar las señales de alerta pertinentes.

Se puede decir que este microcontrolador actúa como cerebro del sistema, no sólo en el procesamiento de la información sino también en el procedimiento de envío de datos por el puerto Ethernet.

- **Aplicación Web**

La aplicación Web funciona como interfaz gráfica para el usuario final. Esta se desarrolla mediante el Software FrontPage de Microsoft, en donde se parte de ejemplos previamente funcionales.

Con ello se van agregando funciones a la página web, asegurándose que cada una actúe de manera adecuada. Una vez que se posee una interfaz funcional se enlaza con la tarjeta Ethernet contenedora del Web Server para realizar las pruebas pertinentes.

- **Elementos de sensado**

Para la señal eléctrica a monitorear se hace necesaria la adaptación de la misma a un nivel lógico procesable por un canal del microcontrolador. Es por ello que se utiliza el convertidor CA-CD como elemento de potencia, que a su entrada recibe la señal de una de las líneas de la red del ICE y la convierte a 5V CD entendible por el PIC.

Las pruebas iniciales con el sensor de temperatura, esta dadas por una conexión de alimentación básica, de forma tal que se conozcan a profundidad sus características y funcionalidades. De acuerdo a los resultados de las pruebas se depuran los programas colocados en el microcontrolador asociados a los sensores. De esta forma se pretende ir evaluando el grado de cumplimiento de dicho elemento.

4.5 Reevaluación y rediseño

Para continuar con el perfeccionamiento del prototipo se pueden seguir las siguientes pautas:

- Realizar pruebas de los sensores directamente en una estación de telecomunicaciones. Hasta el momento las pruebas han sido realizadas en un lugar con condiciones controladas.

- Verificar el calentamiento de la tarjeta embebida debido a las condiciones climáticas y condiciones propias de ejecución de la aplicación Web y así determinar la necesidad de un sistema de enfriamiento.
- Realizar pruebas con la tarjeta Ethernet con una IP fija asignada en la estación de comunicaciones, puesto que las pruebas hasta ahora se han realizado en conexión directa con el puerto Ethernet de un computador.

Para la validación de los diferentes módulos que componen el proyecto, así como la solución en general se seguirán las siguientes pautas:

- Verificar la funcionalidad del sensor de temperatura, por medio de la medición en un ambiente controlado. Se tomaran muestras de la tensión a la salida del sensor LM35, además del valor mostrado en grados Celsius en la aplicación Web para dicha muestra, que serán comparadas con mediciones de un termómetro de la corporación médica Nipro, el cual será tomado como referencia.
- Para simular cortes eléctricos, se hará la desconexión del adaptador de CA-CD, en donde a la salida de dicho adaptador deberá visualizarse mediante el encendido de un diodo emisor de luz la alerta respectiva en el fallo eléctrico. A través de una cantidad de mediciones significativas se demostrará el comportamiento de dicho adaptador.
- Simular la señal de reinicio proveniente del microprocesador hacia el circuito que permite la apertura de corriente a los equipos, a través de una compuerta lógica. Con ello el relé deberá conmutar y su efecto sería visible al colocar un bombillo incandescente como carga.
- Alterar el estado de los sensores y la variable de reinicio, una vez conjuntado todos los módulos. Para corroborar la correcta transmisión y recepción de los datos por medio de la red interna de la empresa. Para validar la comunicación deberán de realizarse una cantidad suficiente de pruebas exitosas.
- Realizar mediciones del tiempo de retardo, entre la ocurrencia de un evento de los sensores a la aplicación Web y viceversa en el caso del reinicio remoto.

Dicho tiempos deberán ser lo suficientemente pequeños para emular la monitorización en tiempo real.

- Someter a prueba el sistema completo, al hacerlo funcionar por un largo periodo de tiempo y realizar alteraciones en las variables, para comprobar su funcionamiento, debida comunicación eficaz y por ende su estabilidad.
- Estimar si los datos sobre el tiempo de reducción en la atención de una interrupción eléctrica están suficientemente soportados por evidencias, es decir, reducción en la medición de tiempos de establecimiento del funcionamiento correcto de los equipos luego de un reinicio y un mayor ahorro económico por concepto de gastos de viáticos y combustible de la visita de los técnicos a una estación dada.
- Verificar el bajo consumo de energía del sistema solución, por medio de mediciones de corriente y voltaje principalmente en la tarjeta embebida, debido a que de ella se alimentan algunos circuitos.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

5.1 Análisis de soluciones y selección final

En esta sección es importante aclarar que desde el inicio algunos bloques funcionales presentaron una única solución, en especial los relacionados con rutinas de software descritas en alto nivel.

5.1.1 Solución para el monitoreo de estado eléctrico

Es necesaria la escogencia de la variable más adecuada para solucionar el problema en estudio. Para determinar el estado eléctrico encendido o apagado en la estación de comunicaciones se estudiaron dos posibles alternativas de solución, cuyos elementos han sido descritos en el marco teórico.

Es así que del sensor de Hall pueden citarse dentro de las desventajas que el tamaño no es reducido y no están fabricados para ser energizados con poco voltaje, por lo que el empleo de baterías es complicado en este caso.

Mientras que con el convertidor AC-DC existe una gran variedad en el mercado con distintas capacidades, para el proyecto es suficiente con determinar la presencia o ausencia de corriente en la estación de comunicaciones, y no tan importante la cantidad de corriente que circula por las líneas de alimentación.

Por esta razón, se selecciona un adaptador universal GSAC-VIP. El cual permite elegir el voltaje de salida DC a partir de su alimentación directa de la línea de alimentación de 120V AC.

5.1.2 Soluciones para el reinicio de la línea de alimentación de los equipos

Para el reinicio de la línea de alimentación de los equipos en la estación de comunicaciones, es importante buscar aquellas soluciones que puedan ser manejadas mediante un microcontrolador. De esta manera, soluciones del tipo interruptor son las adecuadas en este caso, así se obtienen 2 posibles soluciones: el interruptor motorizado que dentro de las desventajas de ese dispositivo está su gran tamaño físico y su alto costo económico.

La otra solución estaría dada por un circuito con relé, el primero de ellos que se menciona en el marco teórico es el relé de estado sólido, su empleo es frecuente en aplicaciones donde se requiere un uso continuo de los contactos del relé, no son

ruidosos y presentan una velocidad de conmutación superior al relé electromecánico, como desventaja se pueden citar el tamaño y precio.

El otro tipo de relé de utilidad y por el cual se opta emplear en el proyecto es el electromecánico. El cual es de un tamaño físico menor, de un bajo costo y debido a que en el proyecto la conmutación de los contactos del relé se realizará de manera ocasional se escoge a este tipo de relé.

5.1.3 Soluciones para el monitoreo de temperatura

Con base en la experiencia obtenida en proyectos para cursos de la universidad, desde el inicio se optó por emplear el sensor de temperatura LM35. El cual como fue descrito con anterioridad, el voltaje a la salida es linealmente proporcional a la temperatura en grado Celsius medida, además se puede alimentar con la tarjeta Ethernet utilizada en el proyecto debido a su bajo consumo de corriente y su costo económico es reducido.

5.1.4 Soluciones para la comunicación del sistema

Debe implementarse la comunicación entre la estación de comunicaciones y las oficinas centrales de la empresa, para ello debía seleccionarse una de las redes disponibles en IDNET. Dentro de estas redes disponibles se puede mencionar la red interna WiMAX, redes por fibra óptica y enlaces por microondas. A continuación se detallan las ventajas y desventajas de cada una para justificar la elección final.

- Red de fibra óptica

A través de una red de fibra óptica se pueden transmitir los datos desde las estaciones hasta un punto neutral, lo cual permite confiabilidad y alta velocidad de transmisión. El inconveniente radica en el alto costo de operación, mantenimiento elevado y no se encuentra disponible en todas las estaciones, dejando de lado la escalabilidad del proyecto.

- Red de microondas

Por medio de microondas se adquiere una alta velocidad de transmisión y confiabilidad en el envío de datos. Pero se requiere de una antena en el punto de recepción de los datos y son pocas las estaciones que cuentan con enlaces de datos de microondas.

- Red interna WiMAX

Esta red abarca a todas las estaciones de comunicaciones de la empresa, a través de ella se realiza el envío de datos con rapidez y confiabilidad, ya que está basada en el estándar 802.16 de la IEEE. Por lo tanto, sólo se requiere de una tarjeta embebida que soporte Ethernet para la transmisión.

Con base en las consideraciones anteriores, se selecciona la red interna de IDNET y se emplea una tarjeta Ethernet para la transmisión de la información.

5.2 Plano de ubicación de sensores y sistema de conexión a la red

Como parte del diseño de la solución es importante considerar el espacio físico y el criterio de ubicación de los distintos elementos que componen el sistema de monitorización.

En la figura 5.2-1 se detalla el plano de ubicación espacial del hardware, es decir, sensores, cableado de red (conexión Ethernet), cableado eléctrico para el reinicio y ubicación de la tarjeta embebida.

Empleando nomenclatura en la distinción de los distintos elementos, con el número 4, se observa la caja acrílica que contiene al hardware que realiza las funciones de monitorización. Se ha ubicado en el rack junto con los demás equipos, pero en una posición intermedia que permite realizar el cableado con la menor distancia a los sensores y a la red.

Para la monitorización del estado eléctrico se observa una línea con el número 3, que va desde el enchufe donde se conecta al adaptador de tensión hasta su conexión a los pines de la tarjeta embebida dispuestos para tal fin.

El cambio en la temperatura es importante medirlo cerca de la UPS, puesto que cualquier corte eléctrico podría ser descartado por un sobrecalentamiento de este equipo y no achcarlo al corte eléctrico de la red del ICE. Además la medición de temperatura no se ve influida erróneamente por otros factores en esta ubicación.

En caso de ser necesario el reinicio, se ha intervenido la línea de tensión denominada L3, la cual no irá conectada directamente al *Enchufe 1* como se mostró en la figura 3.1-2, sino que se conecta a las ranuras destinadas en el empaquetado del sistema de monitorización. Ahora los equipos que presentan problemas para operar

adecuadamente y requieran reinicio serán alimentados por el *Enchufe4*, señalado con el número 1 en la figura 5.2-1.

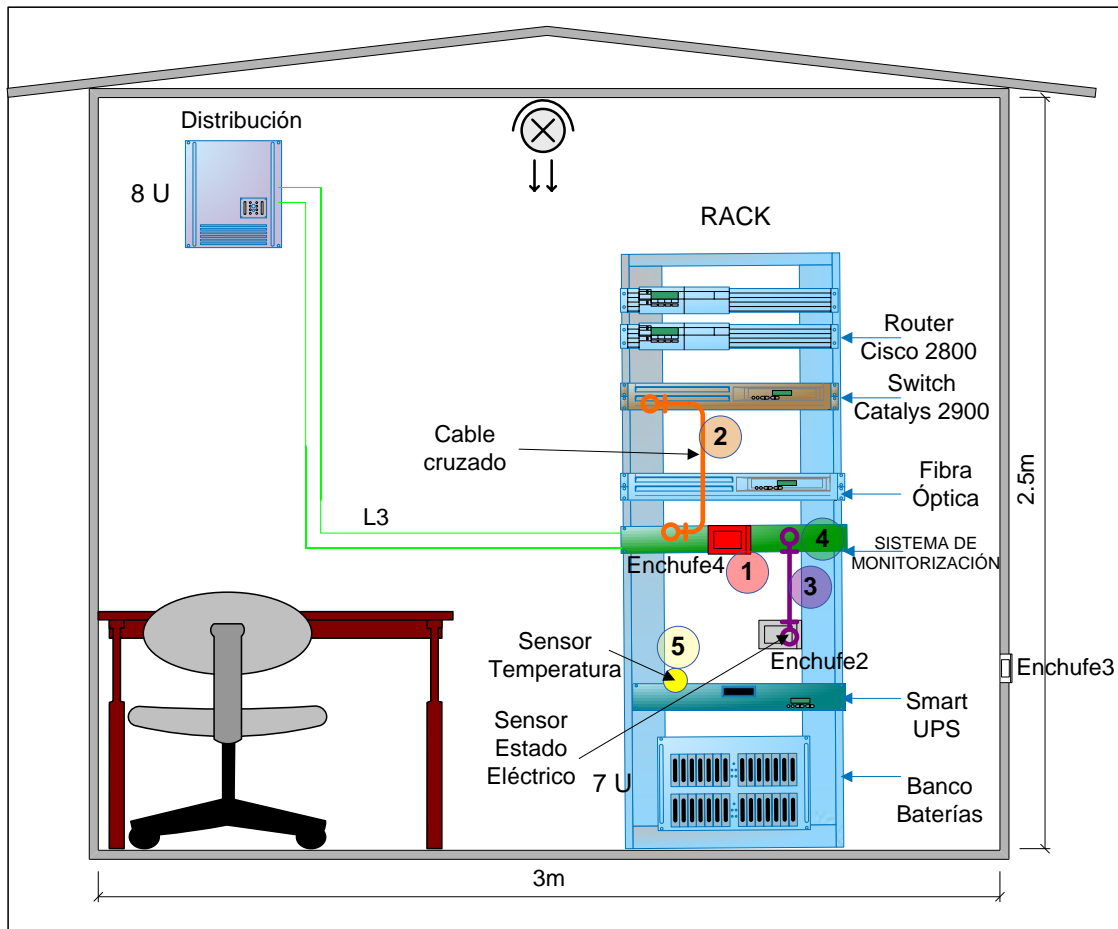


Figura 5.2-1 Ubicación de sensores y conexión a la red.

La conexión del puerto Ethernet de la tarjeta embebida se conecta por medio de un cable cruzado (véase número 2 en la figura anterior) a uno de los puertos del switch Cisco ubicado en el mismo rack. En donde, tendrá asignada una dirección IP local para ser accesado desde otras ubicaciones en la red WiMAX de la empresa.

5.3 Descripción del hardware

El sistema se ha diseñado de manera modular, es por ello que la figura 5.3-1 muestra el diagrama de primer nivel de la solución. El sistema consta de dos líneas de entrada de 120Vac, una de ellas para la conexión del módulo de detección de estado eléctrico que incluye el adaptador CA-CD, la otra línea es aquella que será intervenida para aplicarle un reinicio a los equipos deseados en la estación.

En el diagrama se detalla también la alimentación correspondiente a la tarjeta Ethernet de +5Vcd, de la cual también se hará uso para otros subcircuitos.

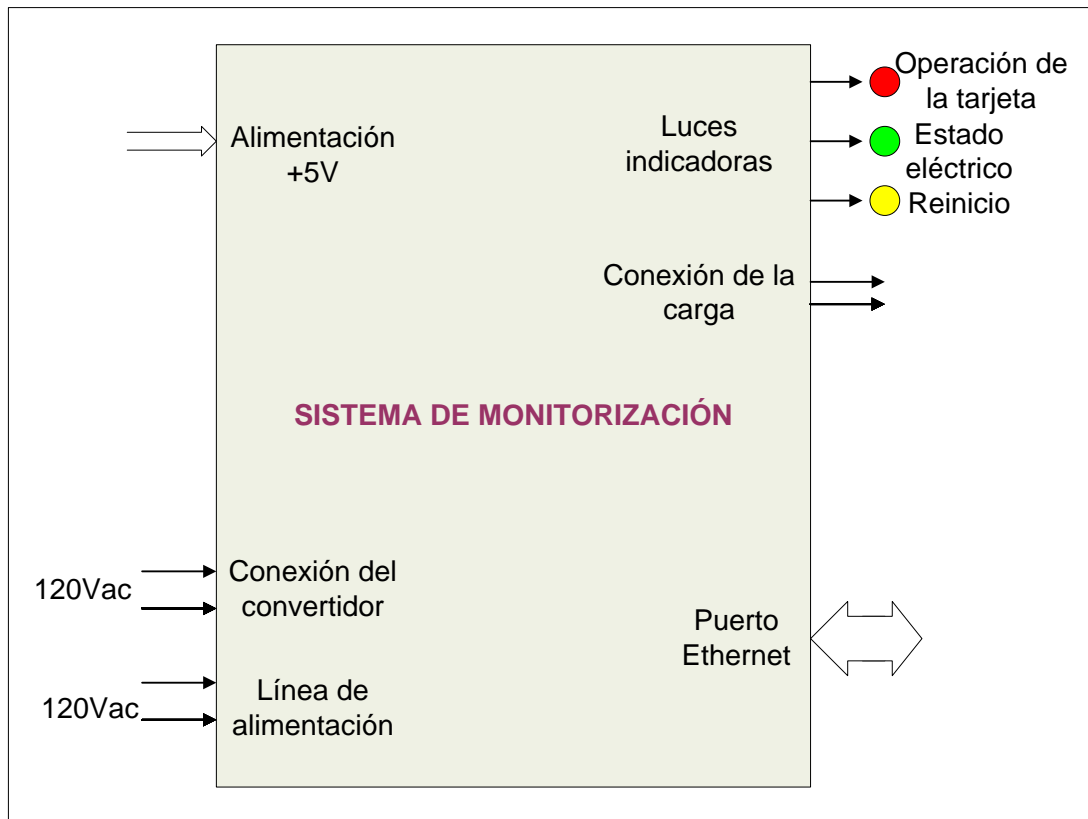


Figura 5.3-1 Diagrama de bloques de primer nivel de la solución.

Como parte de las salidas del sistema se ubican los LEDs o luces indicadoras, la primera de ellas se mantendrá intermitente en su accionar mientras la tarjeta se encuentre inicializada y funcionando adecuadamente, el segundo led estará en color verde cuando el suministro de fluido eléctrico en la estación es adecuado, pasará a rojo ante un corte de esta índole. Y el último led cambiara de color entre el rojo y amarillo cuando se realice un reinicio, el rojo indica una apertura del circuito de potencia al cual se alimenta y el amarillo un cierre del interruptor y por ende una adecuada alimentación a los equipos.

En la figura 5.3-2 se detalla el diagrama de segundo nivel para la solución, en donde pueden observarse los módulos para sensar la temperatura, detección de estado eléctrico, reinicio y la parte representativa del microcontrolador principal de la tarjeta Ethernet junto con la memoria EEPROM que hospeda la aplicación Web.

Por medio de la conexión por Ethernet se realizará la comunicación con el usuario final, se representa bidireccional el flujo de información ya que es posible realizar un control de reinicio y a la vez visualizar los eventos dados en la monitorización.

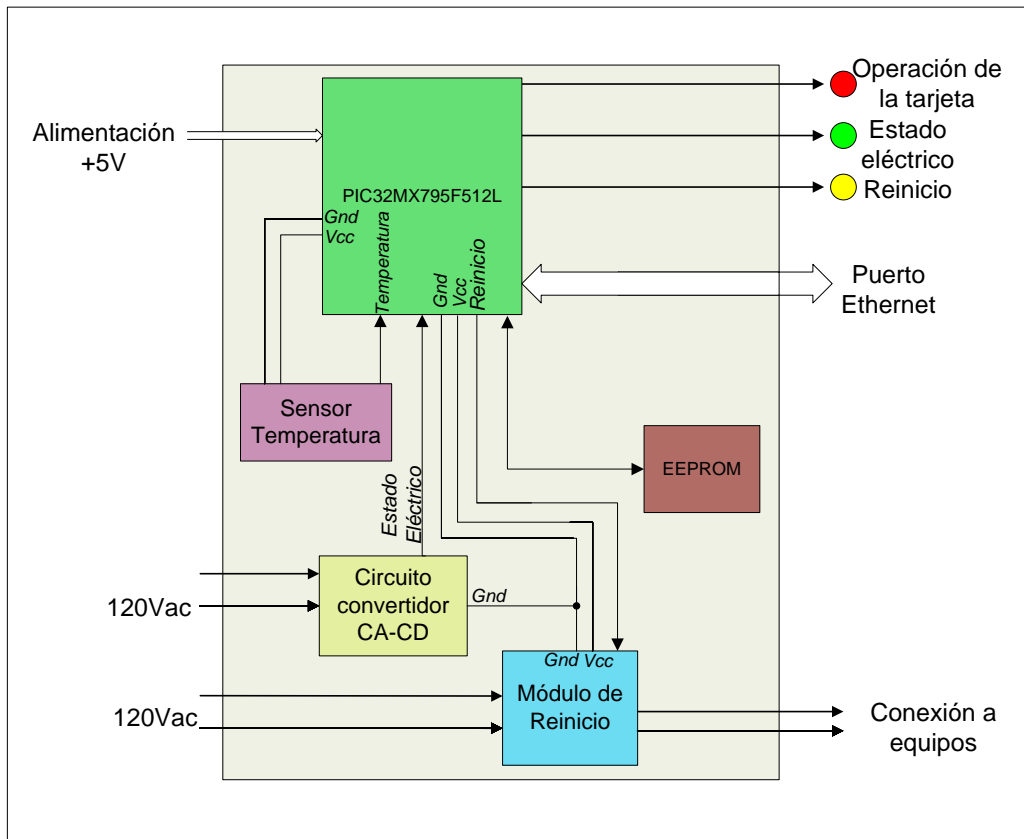


Figura 5.3-2 Diagrama de bloques de segundo nivel de la solución.

A continuación, se detalla el funcionamiento y estructura de cada módulo del diagrama de bloques de segundo nivel.

5.3.1 Modulo Ethernet

Este módulo se encarga de enviar los datos a través de la red para ser visualizados en tiempo real por el usuario. La figura 5.3.-3 muestra el esquema del módulo en mención.

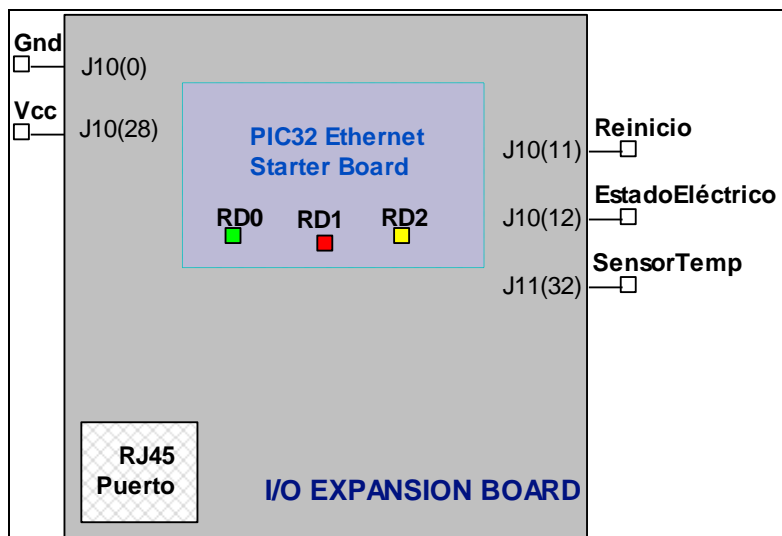


Figura 5.3-3 Diagrama de bloques para transmisión Ethernet.

Como se observa en la figura el bloque funcional consta de la tarjeta embebida Ethernet Starter DM320004, además de la tarjeta de expansión de entradas y salidas DM320002, que permite la conexión a los elementos de sensado y reinicio remoto.

La tarjeta Ethernet Starter cuenta con el microcontrolador de 32 bits PIC32MX795F512L, el cual se emplea para el procesamiento de las señales proveniente de los sensores, señal de activación al circuito de reinicio de la línea de alimentación de los equipos en la estación y para el acomodo de las funciones del stack TCP/IP empleado.

Los datos provenientes del sensor de temperatura y del circuito detección del estado eléctrico son recibidos por la tarjeta de expansión mediante los puertos 32 y 12 tal y como se muestra en la figura 5.3.-3, de esta forma la tarjeta de expansión funciona de puente hacia el microprocesador principal de la tarjeta Ethernet. El microcontrolador procesa a través de un convertidor analógico-digital ADC la señal del sensor de temperatura, mientras que para la señal de estado eléctrico puesto que es digital se detecta únicamente si está en alto o en bajo; todo el proceso anterior se realiza mediante rutinas de software. Luego se colocan los datos en el buffer de transmisión y se envía a la dirección IP que está solicitando la visualización de los eventos.

Además, este módulo Ethernet es el encargado de enviar la señal de reinicio en la línea de alimentación de los equipos al microcontrolador y posteriormente al circuito con relé ubicado en la estación de comunicaciones.

La figura mostrada a continuación, detalla los bloques funcionales que conforman la tarjeta Ethernet empleada.

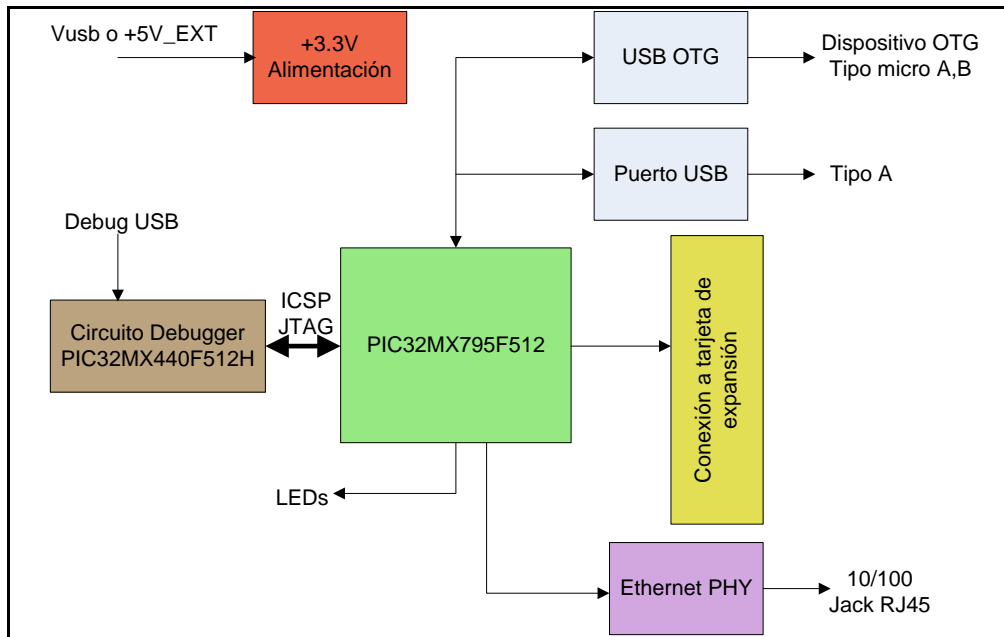


Figura 5.3-4 Diagrama de segundo nivel para la tarjeta Ethernet Starter.

En la figura 5.3-4 se observa el bloque correspondiente al circuito conformado por el PIC32MX440F512H, el cual sirve en la depuración de las rutinas realizadas por medio de la conexión USB al computador. También se detalla en la misma figura el bloque de alimentación de la tarjeta, en donde se puede observar que trabaja con un voltaje bajo al igual que su corriente, lo cual permite un bajo consumo de potencia para este dispositivo.

La tarjeta Ethernet junto con la tarjeta de expansión de entradas y salidas en su empaquetado físico, se observa en la figura 5.3-5

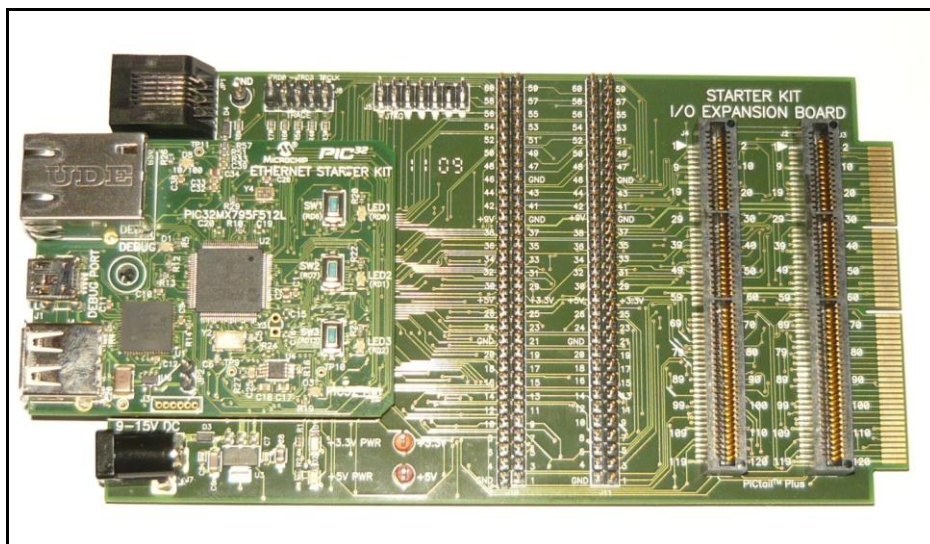


Figura 5.3-5 Tarjeta Ethernet y tarjeta de expansión E/S.

5.3.2 Módulo detección de estado eléctrico

Empleando el convertidor AC-DC descrito con anterioridad, se construye un prototipo funcional para la detección del estado eléctrico en la estación de comunicación, en la figura 5.3-6 se muestra el circuito y conexión del mismo.

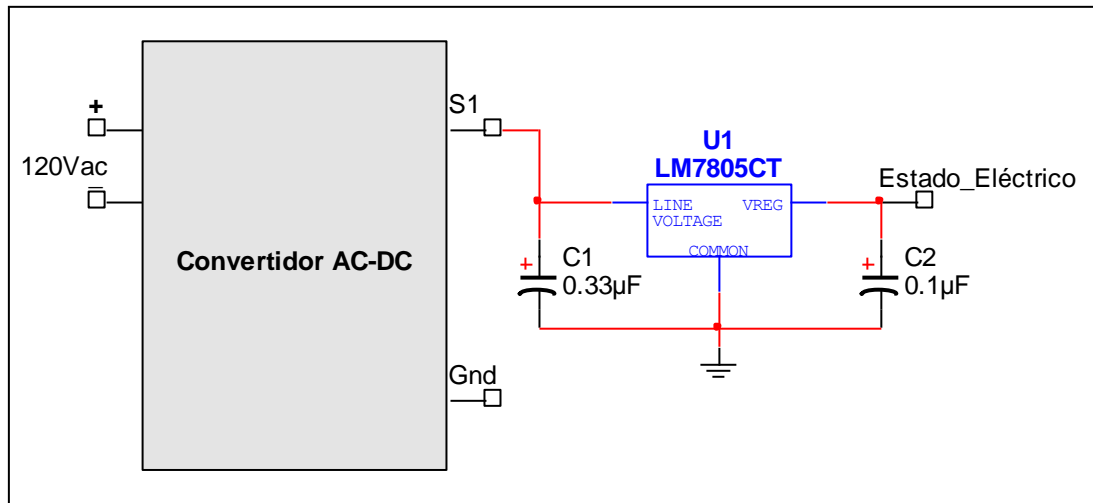


Figura 5.3-6 Circuito esquemático detector de estado eléctrico en la estación base.

El convertidor AC-DC universal recibe como entrada la señal 120Vac proveniente de la red eléctrica del ICE, la salida genera 6.5Vdc y se conecta a un regulador de tensión LM7805. El objetivo de este regulador es adecuar a 5Vdc la señal de tal manera que se conecte directamente a la patilla 12 (J10) de la tarjeta de expansión y su vez al microcontrolador.

Esto permite monitorear el estado de la salida del regulador, cuando existe corriente en la estación la salida será de 5Vdc, mientras que cuando se ha producido un corte eléctrico la salida tendrá un valor de 0Vdc y estos cambios son ingresados a una rutina de software en el microcontrolador.

5.3.3 Módulo de reinicio en la línea de alimentación eléctrica de los equipos

Para establecer un reinicio en la línea de alimentación eléctrica para los equipos, se emplea la configuración mostrada en la figura 5.3-7. En donde, la señal denominada *Reinicio* proveniente del microprocesador se hace pasar por una resistencia de bajo valor, con el objetivo de aplicar dicha corriente a la base de un transistor NPN. Cuando la corriente en la base cumple la condición dada en la ecuación 1, se asegura que el transistor este en saturación. Ahora bien, el transistor se encuentra en corte cuando no se aplica corriente a la base. Dichos cambios de corte a

saturación son los que provocan distintas tensiones a la entrada del relé, activando y desactivando el mismo. Es importante notar que la resistencia en la base se emplea para que la tensión base-emisor no exceda los valores máximos permitidos.

$$I_{base} \cdot \beta > 10 \cdot I_{colector}$$

Ecuación 1

Debido a que este tipo de relé presenta ciertos picos de tensión en su entrada al accionarse, se coloca un diodo que impida la conducción hacia el transistor y posteriormente a la tarjeta embebida, provocando un daño al semiconductor.

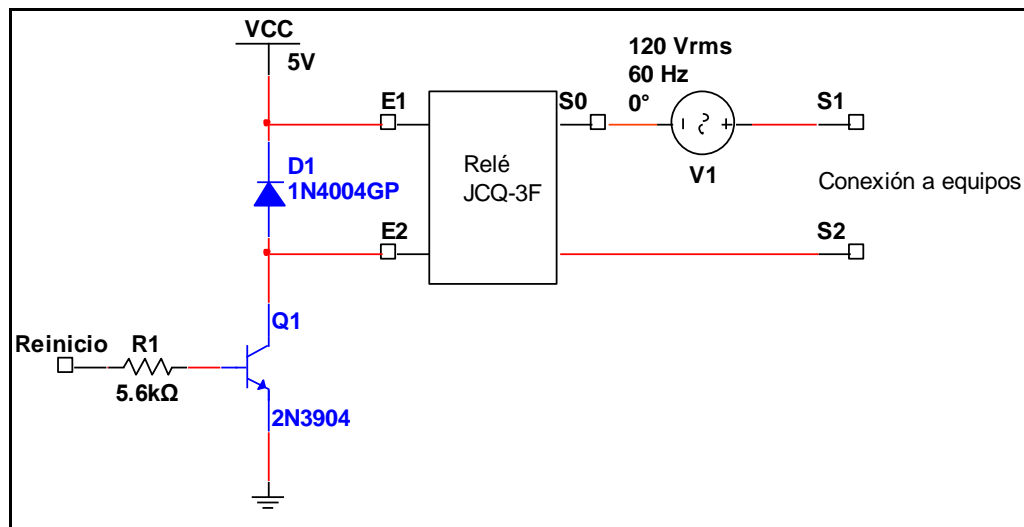


Figura 5.3-7 Circuito esquemático para el reinicio de la línea de alimentación de los equipos.

Como se observa en la figura anterior, se emplea un relé JCQ-3F que funciona como interruptor, el cual por medio de un electroimán y una bobina acciona un contacto que abre y cierra el circuito de carga. La gran ventaja de este tipo de relé consiste en la completa separación de la corriente que circula por la bobina del electroimán y el circuito de control; permitiendo manejar elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

La figura 5.3-8 muestra el resultado final del prototipo de hardware del sistema de detección de estado eléctrico, sensado de temperatura y reinicio en la línea de alimentación eléctrica de los equipos en la estación de comunicaciones.

una sección posterior se detallan las rutinas para la captura de datos y el procesamiento de los mismos.

El diagrama de flujo correspondiente a la comunicación se muestra en la figura 5.4-1.

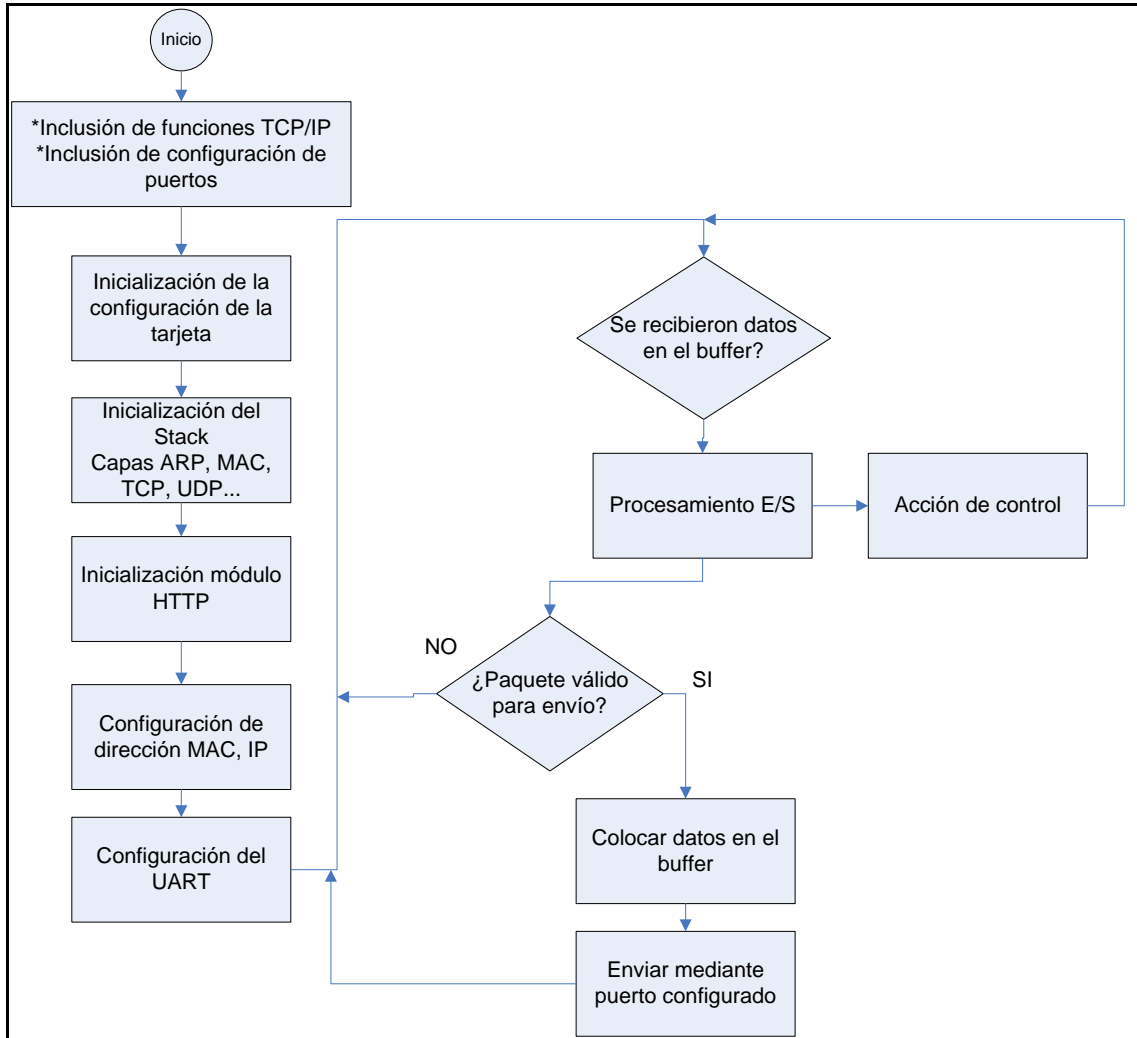


Figura 5.4-1 Diagrama de flujo desarrollado para la tarjeta Ethernet Starter.

La principal funcionalidad de este programa es realizar la comunicación entre el microcontrolador y el puerto destinado para la transmisión/recepción de datos empleando el protocolo TCP/IP.

Al iniciar el programa se incluyen al programa la configuración del microcontrolador PIC32MX795F512, ya sean puertos, osciladores, ADC, entre otros. Además de la inclusión de las librerías del stack TCP/IP versión 5.36.2 de Microchip, las cuales se emplearán en el traslado de datos entre las capas que componen el protocolo.

Ahora bien, se inicializa la tarjeta y el stack TCP/IP. En donde, para cada capa Microchip ha compuesto módulos escritos en lenguaje C, dentro de los cuales se emplean para esta aplicación IP Suite, módulo de transporte TCP, módulo de capa de enlace ARP y el módulo de capa MAC.

Posteriormente se realiza el establecimiento de la aplicación HTTP que funciona con servidor remoto. Este módulo está asociado a la aplicación Java MPFS2, la cual permite hospedar el servidor Web en la EEPROM de la tarjeta.

Tal y como se observa el diagrama de la figura 5.4-2 este módulo HTTP hace uso de una rutina programada en alto nivel, donde se describen los llamados a las variables dinámicas de salida, obtención de eventos de la página y credenciales de autenticación para ingresar al sitio. La utilidad MPFS2 crea un archivo ".h" el cual contiene el enlace entre dichas variables dinámicas y las variables localizadas en el sitio Web, así mediante la depuración con MPLAB es posible correr la aplicación hospedada en la memoria EEPROM.

Para la configuración de la dirección IP y MAC, se emplean módulos de la capa de control de acceso al medio, en el archivo llamado *TCPIPConfig.h* puede escribirse la dirección MAC deseada compuesta por 6 bytes, además por 4 bytes para la dirección IP fija, 4 bytes de mascara de red y 4 bytes para el gateway o puerta de enlace. Para esta aplicación se optó por dejar estos últimos parámetros a conveniencia del servidor DHCP usado.

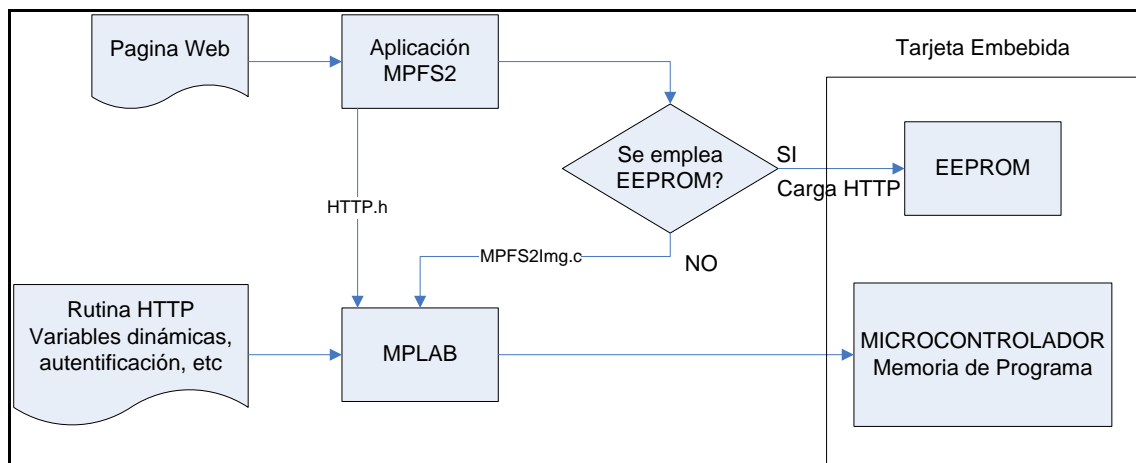


Figura 5.4-2 Diagrama de flujo para el funcionamiento del servidor HTTP.

Siguiendo el diagrama de la figura 5.4-1 se da inicio a un ciclo infinito, durante el cual el programa está constantemente preguntando si hay datos para enviar o

recibir por el puerto Ethernet. Esta solicitud es realizada por las funciones de *Callback* del módulo servidor HTTP. Para ello se dispone de una memoria fija para el buffer de transmisión y únicamente se envían aquellas variables solicitadas.

El desarrollo del código empleado ha sido posible mediante MPLAB y el compiladorC32. Se utilizaron como base ejemplos de prueba suministrados por la casa matriz de la tarjeta embebida.

5.4.2 Rutina de software del procesamiento variables de sensado y reinicio por parte del microcontrolador principal.

Dentro del diagrama del módulo Ethernet se encuentra un bloque llamado *Procesamiento E/S*, este corresponde a las instrucciones necesarias para la adecuada configuración, adquisición y generación de alerta. En la figura siguiente se detalla el funcionamiento del módulo en mención.

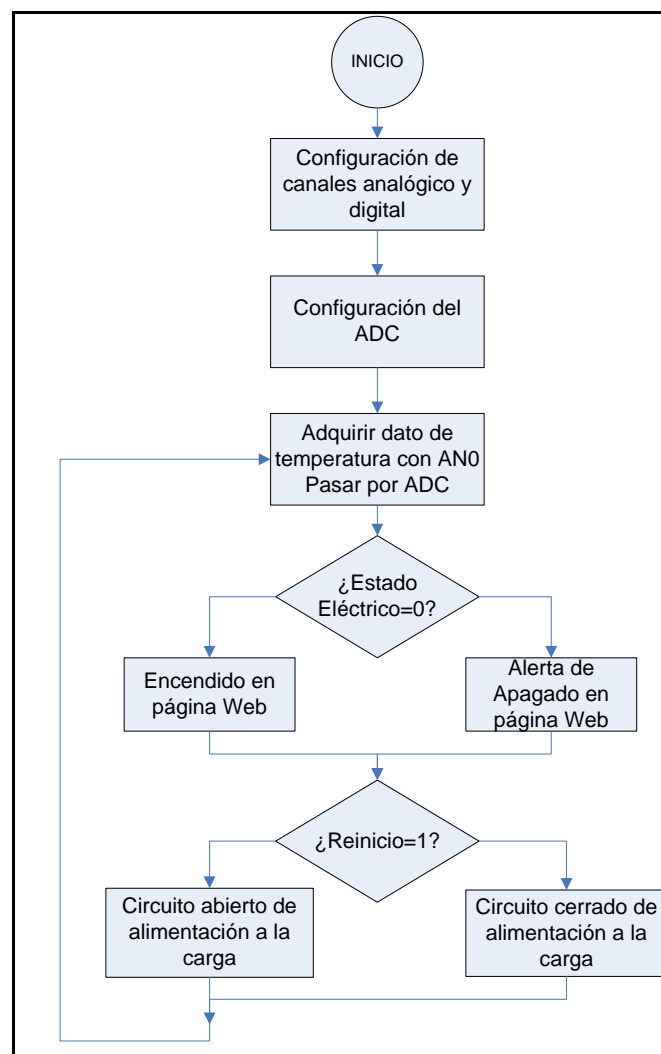


Figura 5.4-3 Diagrama de flujo para el procesamiento de variables de entrada y salida.

El primer paso para el proceso la adquisición de la temperatura es la configuración de un canal analógico AN0 quien recibirá el dato, posteriormente será leído por el ADC, para convertirse a ASCII y poder ser mostrado en la aplicación Web con el valor correcto.

Para la lectura del estado eléctrico y para la señal de reinicio remoto se configuran ambos puertos como digitales debido a los valores on/off a procesar. En caso de que la señal de estado eléctrico se encuentre en '0' lógico, se envía a la aplicación Web la alerta de fallo eléctrico. Algo similar ocurre con la señal de Reinicio, en donde en caso de encontrarse en bajo se abre el circuito de potencia, activo con relé y descrito con anterioridad.

5.4.3 Aplicación Web

En la programación de la aplicación Web se utiliza el software Microsoft FrontPage como plataforma y lenguaje *HTML*. El cual es ideal para describir contenidos en forma de texto y complementarlo con objetos y scripts.

Es por medio de un archivo *.xml* que se realiza el enlace las variables del servidor HTTP con la página Web y viceversa. La página al creada siguió el siguiente formato: encabezado, titulo, cuerpo (en donde se incluye texto, imágenes, tablas, objetos) y JavaScript.

El diagrama mostrado en la figura siguiente 5.4-4 es el proceso realizado por la función java script *ActualizarStatus()*, que es invocada en el cuerpo del código HTML.

Dicha función inicializa las variables del archivo *.xml* y mientras exista conexión de red se leen los valores de cada una de las variables: *temperatura*, *estado*, *reinicio*. Mediante la función *getXMLValue(xmlData, 'estado')* se adquiere el valor de la variable, en este caso se usa como ejemplo en el diagrama la variable *estado* que cambiara de color rojo o verde, es decir, ON/OFF respectivamente. De igual manera se procesan las demás variables que son mostradas al invocarse la función que las contiene.

Para la temperatura se define otra función en un java script llamada *Alerta()*, la cual es invocada cuando el valor de la temperatura ha sobrepasado los 40°Celsius y muestra una ventana con un mensaje de peligrosidad en la aplicación Web.

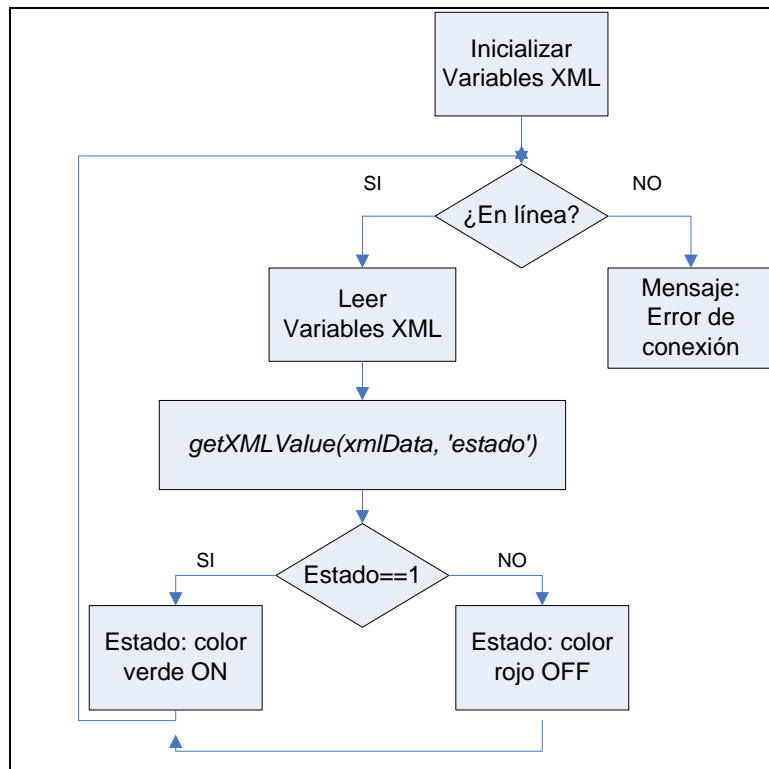


Figura 5.4-4 Diagrama de flujo para la función *ActualizarStatus*.

En cuanto al control de usuarios, al ingresar al host que corresponde a la monitorización se hace un enlace con la función *HTTP2 Authentication()* definida en la programación del stack TCP/IP al acceder. Es por ello que no es programada dicha función en el código HTML, sino que fue configurada y almacenada en la imagen de la página Web en la EEPROM de la tarjeta embebida.

Por último, se pretende que esta aplicación sea la única interfaz con el usuario, mediante un nombre de usuario y contraseña previamente creado, se ingresa al despliegue de información acerca de la monitorización. A la derecha de la ventana principal un panel con la información en tiempo real de la temperatura y estado eléctrico en la estación; así como la opción de realizar un reinicio remoto a los equipos.

Capítulo 6: Análisis de Resultados

6.1 Resultados

En el primero de los objetivos específicos fue necesario el diseño o selección de aquellos elementos de medición necesarios para la monitorización de la temperatura y el estado eléctrico en la estación, además de una interfaz eléctrica que permitiese el reinicio de la línea de alimentación de los equipos. Primeramente debió darse la selección adecuada de la variable y de la construcción del sistema de medición o de actuación según se necesitó.

Se utilizó un diodo emisor de luz para mostrar que una alarma se generó, en el caso de la detección del estado eléctrico en la línea monofásica de alimentación a los equipos de la estación. En este punto la única intención es comprobar el funcionamiento del módulo de detección de estado eléctrico descrito en la sección de hardware.

En cuanto a un corte eléctrico, se desconectó el dispositivo adaptador universal GSAC-VIP del toma corriente indicando un corte en el fluido de la corriente, de igual forma al conectarlo el diodo emisor de luz se apagará indicando la existencia de corriente eléctrica en las línea.

Tabla 6.1-1 Resultados obtenidos en pruebas al módulo detección de estado eléctrico y reinicio

Bloque funcional	Número de pruebas	% Pruebas exitosas	Tiempo de retardo promedio(ms)
Detección de estado eléctrico	50	100	150ms
Reinicio en la línea de alimentación	50	100	70ms

En la tabla anterior, por tiempo de retardo se debe entender la cantidad de tiempo que transcurre entre la alteración física del sensor y el encendido del diodo emisor de luz.

En cuanto de reinicio remoto, se tomó como entrada a la señal *reinicio* proveniente del microprocesador (véase figura 5.3-7), mientras que a su salida se conectó un bombillo incandescente como carga. De esta manera fue notoria la apertura y cierre del circuito que contiene al relé y por ende el que da el reinicio a la

línea. En la tabla 6.1-1 se muestra la cantidad de pruebas realizadas y los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento de este bloque de reinicio.

Para el conocimiento de la temperatura, el sensor LM35 presentó la ventaja de dar una salida lineal y equivalente a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Este opera en el rango de los -55°C hasta los 155°C , con ello se realizan pruebas alimentando al sensor con 5V y visualizando con un voltímetro el valor de voltaje a la salida y su valor mostrado en la página Web del sistema, la siguiente tabla detalla algunas de estas mediciones. Además se realiza la medición con un termómetro de la corporación Nipro Medical con una precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$, además dichas mediciones se realizaron en el rango de temperatura medible por el termómetro, que oscila entre los $35 - 42^{\circ}\text{C}$.

Tabla 6.1-2 Temperatura del sistema versus temperatura con termómetro clínico.

Medición	V_{SALIDA} LM35 (mV)	Temperatura medida con el sistema ($^{\circ}\text{C}$)	Termómetro clínico ($^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$)
1	0.405	40	40.2
2	0.371	37	36.9
3	0.362	36	36.1
4	0.360	36	36.2
5	0.412	41	41.1
6	0.421	42	41.9
7	0.408	41	40.8
8	0.400	40	40.5
9	0.398	40	40.1
10	0.414	41	40.7
12	0.391	39	39.1
13	0.389	39	39.0
14	0.374	37	37.2
15	0.371	37	37.1
16	0.367	37	36.9
17	0.362	36	36.3
18	0.368	37	36.9
19	0.372	37	37.3
20	0.371	37	37.0
21	0.364	37	36.7
22	0.359	36	36.2
23	0.355	36	35.9
24	0.352	35	35.1

25	0.406	40	39.9
26	0.393	39	39.2
27	0.387	39	39.1
28	0.386	39	38.9
29	0.371	37	37.4
30	0.355	35	35.2

Una vez que realizadas las pruebas en los distintos módulos, se incorporó a las pruebas el módulo Ethernet. Se realizaron las mismas pruebas de alteración en los sensores y en el reinicio, sin embargo esta vez, el éxito en la prueba corresponde al despliegue de la temperatura y estado eléctrico *on/off* en la aplicación Web.

Tabla 6.1-3 Resultados obtenidos en pruebas del sistema solución completo.

Bloque funcional	Número de pruebas	% Pruebas exitosas	Tiempo de retardo promedio(ms)
Detección de estado eléctrico	50	100	820ms
Reinicio en la línea de alimentación	50	100	450ms

Con estos resultados expuestos se demostró que el dato se recibe; ahora bien el tercer objetivo específico menciona la necesidad de indicar la ubicación de la estación base donde se ha producido el evento y la razón de dicha alarma. La imagen de la figura 6.1-1 corresponde a una captura de la aplicación Web desarrollada, donde se observa la información antes mencionada.



Figura 6.1-1 Panel de eventos en la estación de comunicaciones.

Para comprobar la estabilidad del sistema, se ejecutó una prueba de funcionamiento del sistema final por un largo periodo (véase tabla 6.1-4), en la cual se chequeo de manera repetitiva el correcto despliegue de los datos en la aplicación .HTML y el correcto reinicio de la línea de alimentación eléctrica. Cabe destacar que cualitativamente el sistema no presenta variación alguna, a excepción del calentamiento del microcontrolador principal de la tarjeta, el cual a las 15 horas de ejecución elevó su temperatura con respecto al ambiente en 7 grados centígrados, por lo cual se recomendó y se instaló un ventilador.

Tabla 6.1-4 Resultados de la prueba de estabilidad.

Evento	Tiempo transcurrido(h)	Número de pruebas	% Pruebas exitosas
Estado eléctrico	1	5	100
	5		
	10		
	15		
Reinicio	1	5	100
	5		
	10		
	15		
Temperatura	1	5	100
	5		
	10		
	15		

En cuanto a los equipos ubicados en la estación, la tabla 6.1-5 muestra los resultados de funcionamiento al darse un reinicio y el tiempo que demoraron en establecer los enlaces de red adecuados.

Tabla 6.1-5 Funcionamiento de los equipos reiniciados remotamente.

Número de pruebas	Funcionan correctamente	Tiempo de retardo promedio para establecer enlace (min)
10	Sí	7.4

Una vez que el sistema se encontró funcionando de manera esperada, se realizaron mediciones de consumo en la potencia, para ello mediciones del voltaje y corriente fueron necesarias, la tabla 6.1-6 detalla los resultados. Es importante tener presente que lograr un bajo consumo de energía forma parte de los requerimientos del sistema.

Tabla 6.1-6 Consumo de energía del sistema.

Bloque funcional	Corriente promedio (mA)	Tensión (V)	Potencia promedio (W)
Modulo Ethernet	168,3	5	0,841W

6.2 Análisis de resultados

En el primer objetivo específico planteado referido a la investigación del tipo de variables que debían medirse para lograr una monitorización del estado eléctrico en la estación base respectiva, de la temperatura y realizar un reinicio remoto, se siguió la metodología descrita en el capítulo 4 para alcanzarlo.

Durante la etapa de investigación se plantearon diversas soluciones que por distintos motivos fueron desechadas. Así por ejemplo, para el monitoreo del estado eléctrico presente en el lugar, se optó por emplear un adaptador AC-DC, dicho elemento permite pasar de un voltaje y corrientes CA elevadas a una salida CD de baja potencia. Este adaptador es conectado al enchufe 2, como lo muestra la figura 5.2-1 y es protegido por una carcasa especial de tal forma que no pueda ser desconectado accidentalmente y se vea alterada el estado eléctrico en la monitorización.

Debido a que no es importante conocer la cantidad de corriente que circula por la línea de alimentación de los equipos, este tipo de convertidor es ideal. Lo que lo hace funcional es que al tener corriente eléctrica su salida arroja 5Vcd, mientras que en el caso contrario 0Vcd; procesándose dicha salida como digital por el microcontrolador. Internamente este convertidor está compuesto por un transformador, el cual funciona de reductor de potencia, además de un regulador de tensión ajustable en ciertos casos. Este regulador de tensión impide el paso de picos de voltaje o corriente que puedan dañar algún puerto del microcontrolador y por ende la tarjeta embebida.

En la tabla 6.1-1, se observa que para 50 pruebas realizadas al módulo detección de estado eléctrico la totalidad de las mismas cumplen con el correcto funcionamiento, la visualización del estado se realiza mediante un diodo emisor de luz. Además el tiempo promedio de retardo es mayor respecto al módulo de reinicio pero a su vez lo suficientemente bajo para considerar la detección en tiempo real a la salida de dicho módulo.

Para el reinicio de la línea de alimentación eléctrica a los equipos de la estación, se diseñó la configuración mostrada en la figura 5.3-7. La señal digital de reinicio proveniente del microcontrolador cuando está en alto, proporciona al transistor la corriente necesaria para que entre en saturación y permitiendo al relé abrir el circuito que alimenta a los equipos. En caso contrario, cuando la corriente aplicada a la compuerta del transistor no es suficiente, el transistor se encuentra en corte y el relé cierra el circuito de potencia hacia la carga.

En la programación del microcontrolador, se estableció que siempre se encuentre en bajo la señal de reinicio, esto permitió dar continuidad a la corriente de la etapa de potencia y en caso de fallo de la tarjeta embebida no se vea afectada la alimentación eléctrica a los sistemas en el lugar.

Las pruebas realizadas a este bloque son satisfactorias, el 100% de las mediciones a la salida son adecuadas de acuerdo a la emulación en la entrada del bloque y el menor tiempo posible. Y se descartan problemas de sobrecarga a la tarjeta embebida por parte de la etapa de potencia, gracias a que el relé separó magnéticamente las corrientes. Y cualquier arco que pudiese generarse será detenido por el diodo colocado en paralelo al relé.

Para la monitorización de la temperatura se empleó el sensor LM35, para el cual se realizaron cinco mediciones que se detallan en la tabla 6.1-2. Estas mediciones son realizadas bajo condiciones controladas de temperatura y utilizando además un termómetro médico de la marca Nipro. Se realizó una prueba estadística T de las dos muestras indicadas en la tabla mencionada, tanto del valor de temperatura medido por el termómetro como del medido a la salida del sensor LM35 empleado. En donde se obtuvo un 95.8% de precisión en el sistema de medición del sistema, con lo cual se comprueba la validez de las mediciones realizadas con el sensor LM35, es decir, la hipótesis que se planteó al inicio de la funcionalidad y precisión del sensor LM35 fue válida; es importante notar que en el sensor LM35 el fabricante garantiza una precisión de $\pm \frac{3}{4}^{\circ}\text{C}$ y esto fue notorio al tomar como parámetro de validación al termómetro clínico utilizado.

En cuanto a la programación del microcontrolador, en términos generales puede agregarse que la utilización de software para la simulación de los programas permite una depuración en tiempo real que es imposible de lograr en la implementación real.

Con ayuda del PIC32 debugger, es que se realizó el proceso anterior; que además con la ayuda la aplicación TCP/IP Discoverer es que se deduce la correcta inicialización del stack para la transmisión de datos por el puerto Ethernet, esta aplicación muestra la dirección IP asignada a la tarjeta, el nombre del host, dirección MAC y alguna descripción de software. Al no poderse simular el flujo del programa fueron necesarias muchas pruebas fallidas para encontrar errores en la utilización de dicho protocolo.

En el diagrama de flujo de la figura 5.4-1 se muestra que para la transmisión, debió de abrirse el puerto al inicio del programa y nunca cerrarse, en caso de una

apertura incorrecta de este puerto o bien una desconexión física del cable cruzado se mostró una alerta, en la sección de la página Web donde se detalla la operación de la tarjeta.

Además la forma de alerta a los encargados del soporte y mantenimiento en la empresa fue por medio del despliegue gráfico en la pantalla de la aplicación Web que indica los eventos en tiempo real. Al complementar el panel mostrado en la figura 6.1-1 con el monitoreo de nivel de potencia de la señal WiMax, los encargados pueden determinar si es necesario realizar un reinicio remoto o bien si el problema corresponde al daño de un equipo ubicado en la estación de comunicaciones dada.

En cuanto, a los datos mostrados en la tabla 6.1-4 se mostró que con el transcurrir del tiempo la funcionalidad eficiente del sistema se mantiene. A excepción de un calentamiento menor en el microprocesador principal de la tarjeta embebida, para ello se tomaron medidas para el sobrecalentamiento del dispositivo, de manera que instaló un sistema de ventilación de baja potencia.

Ahora bien, en la tabla 6.1-5 se mostraron los resultados del funcionamiento de los equipos en la estación al darse un reinicio y el tiempo que demoraron en establecer los enlaces de red adecuados. Para una totalidad de 10 pruebas realizadas, se obtuvo un funcionamiento correcto de los equipos y por ende los enlaces de red en un tiempo promedio cercano a los 7 minutos. Anteriormente cuando debía darse un reinicio manual e ir hasta la estación correspondiente se tardaba mucho tiempo hasta el momento en que los enlaces funcionan adecuadamente, por ejemplo a la estación de Berlín se tarda cerca de 30 minutos establecer la operación, un caso más crítico ocurre al desplazarse a la estación de Vista del Mar en Guanacaste, donde se tarda alrededor de 3,5 horas. Con estos resultados del reinicio, el tiempo de espera corresponde únicamente al tiempo en que tardan los equipos en funcionar correctamente posterior al reinicio remoto. Para Berlín se dio una reducción cercana a los 23 minutos, en la atención de un fallo eléctrico donde fue necesario aplicar un reinicio. Trasladando estos resultados a lugares lejanos, como el señalado en Vista del Mar, el tiempo de reducción en atención rondaría las 3,4 horas y un ahorro importante de dinero por concepto de desplazamiento en vehículo y alimentación por parte de los técnicos.

En cuanto a la ubicación o disposición física del sistema final en la estación de comunicaciones, esta se hace tal y como lo muestra la figura 5.2-1 en un rack o estante. Esencialmente se coloca el empaquetado del sistema en una posición

intermedia del rack, por seguridad y para evitar así un gran recorrido, en cuanto al cableado necesario para la conexión eléctrica a los equipos y a la red misma.

Respecto al consumo de energía, es posible observar en la tabla 6.1-6 la potencia total consumida tanto por la tarjeta embebida. Se toma en cuenta sólo este consumo debido a que de ella se extrae la corriente para alimentar al sensor de temperatura, el módulo de reinicio en su bloque de baja potencia y al regulador de tensión en el módulo de detección de estado eléctrico.

El valor total de potencia corresponde al consumo de varios elementos, como se mencionó anteriormente la etapa de sensado, reinicio, ventilación y microcontroladores, tanto para el depurador como para el microcontrolador principal de flujo de programa. Este consumo de potencia en promedio se mantiene constante, ya que el monitoreo programado en el microcontrolador está haciendo polling y transfiriendo datos continuamente.

Para efectos de alimentación del monitoreo realizado no existe mayor dificultad, ya que se en algunas estaciones se cuenta con generadores y en aquellas que no existen estos elementos se han instalado bancos de baterías, los cuales difícilmente serán desgastados con la potencia necesaria por el prototipo realizado.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

Una vez que se ha descrito las diferentes etapas que llevaron a la solución del problema y se ha realizado el análisis pertinente se presentan en este capítulo algunas conclusiones y recomendaciones.

7.1 Conclusiones

1. Se realizó de manera exitosa el monitoreo del estado eléctrico y la temperatura en la estación de comunicaciones, que permite alertar en menos de un segundo sobre un fallo eléctrico. Además de realizarse el reinicio remoto de la línea eléctrica que alimenta a los equipos instalados en el lugar.
2. El tiempo de atención ante una interrupción del fluido eléctrico se ha reducido para la estación de Berlín en 76.6% del tiempo necesario anteriormente.
3. La empresa ahorró en viáticos para los técnicos y combustible $\text{€}20.000$ por cada viaje no realizado a la estación, gracias al monitoreo realizado.
4. El sistema solución realizado mostró un comportamiento estable a lo largo del tiempo, únicamente se detectó un leve calentamiento del microprocesador principal resuelto con un sistema de ventilación.
5. La precisión en el sistema de medición de temperatura fue de un 95.8%.
6. El costo del sensor empleado para la detección del fluido eléctrico es de un 77.7% menor a un sensor del tipo comercial.
7. El empleo del protocolo de transmisión de la tarjeta embebida por TCP/IP, a pesar de requerir una programación compleja permitió mayor seguridad en el envío y recepción de datos.
8. La adecuada escogencia de la tarjeta embebida Ethernet de Microchip, ha permitido establecer el funcionamiento del monitoreo mediante un servidor HTTP, hospedando a través de la aplicación java MPFS2 la página Web en la EEPROM de la tarjeta, sin necesidad de requerir un servidor externo.
9. Se implementó una interfaz gráfica en código *.html*, que permitió a la unidad de monitoreo ser capaz de desplegar el 100% de los datos, en donde se incluye la ubicación de la estación base y la razón de dicho evento.

10. El diseño modular empleado en el monitoreo permitió a la empresa agregar nuevos elementos de sensado de acuerdo a las necesidades futuras de la empresa.

7.2 Recomendaciones

1. En aquellas estaciones, en donde sea frecuente la necesidad de realizar el reinicio de la línea de alimentación de los equipos, sustituir el relé electromecánico por un relé de estado sólido adecuado.

2. Crear una bitácora que permita llevar el control de cuales usuarios ingresan a la página web y cuales acciones realizan.

3. Adquirir una dirección IP fija pública, de tal manera que los datos del monitoreo puedan ser accesados no solamente en la red interna de la empresa, sino que también en cualquier dispositivo con acceso a Internet.

4. Al adquirir la dirección IP fija pública, se debe garantizar la seguridad de la aplicación Web mediante el acceso por medio de un servidor *https*.

5. Sustituir la presentación de las estaciones con el mapa del país por una interfaz Google Maps ®, de forma tal que se pueda seleccionar en el mapa la estación deseada y mostrar los eventos relacionados con dicha estación.

Bibliografía

- [1] Pacheco B. Juan C. *“Mantenimientos preventivos y correctivos. IDNET S.A.”* Departamento de Soporte y Servicio al Cliente, actualización 2009.
- [2] J. L. Amaquiña Cisneros y J. E. Caviedes Pasquel. *“Diseño e Implementación de un sistema de Monitoreo Eléctrico en una estación de PORTA-CONCECEL S.A.”* [En línea]. 2011. Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3830>
- [3] The IEEE 802.16 Working Group on Broadband Wireless Access Standards, *“Developing the IEEE 802.16 WirelessMAN® Standard for Wireless Metropolitan Area Networks”*. [En línea]. Disponible: <http://www.ieee802.org/16/>
- [4] *“Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation”*, WiMAX Forum, 2006.
- [5] F. F. Charro S. and P. Erazo A., *“Estudio y diseño de una red LAN híbrida, utilizando las tecnologías WIMAX y WI-FI, para brindar servicios de video sobre IP e internet de banda ancha incluyendo transmisión de voz y datos, en la Universidad Central del Ecuador”*. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. 2006.
- [6] Intel Corp., WiFi y WiMAX, Intel Solutions, *“De qué manera Entender Wi-Fi y WiMAX como Soluciones de Acceso para Áreas Metropolitanas”*, 2004. [En línea]. Disponible: http://www.intel.com/espanol/netcomms/wp03_espanhol.pdf
- [7] Canadian Radio-Television and Telecommunications Commission. *“Industry Data Collection Glossary”*. [En línea] 2011. Disponible: <http://www.crtc.gc.ca/eng/glossary-glossaire.htm>
- [8] Gunnar Heine. *“GSM Networks Protocol Terminology and Implementation, Arch House”*. Norwood. MA. United States. 1998.
- [9] J. Alberkrack. *“Linear/Switchmode Voltage Regulator. Handbook”*. Motorola Inc. 1982.

Apéndices

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

ADC Convertidor Analógico Digital
CA Corriente Alterna
CD Corriente Directa
DSL Línea de Abonado Digital
HMI Interfaz de Usuario
HTTP Protocolo de Transferencia de Hipertexto
ICE Instituto Costarricense de Electricidad
LOS Línea de Visión
MAC Control de Acceso al Medio
NLOS No Línea de Visión
OFDM Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal
PIC Controlador de Interrupciones Programable
PLC Controlador Lógico Programable
PTP Protocolo de Transferencia de Imágenes
QAM Modulación de Amplitud en Cuadratura
QoS Calidad de Servicio
SLA Acuerdo de Nivel de Servicio
SPI Interfaz Periférica Serial
UART Transmisor Receptor Asíncrono Universal
USB Bus Serial Universal
WIMAX Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas

Ethernet: Estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por colisión.

TCP/IP: Modelo de descripción de protocolos de red que consta de 4 capas.

A.2 Manual de usuario

A continuación se describen las funcionalidades empleadas en la página Web para el monitoreo en la empresa IDNET S.A.

Primeramente para ingresar al sitio Web es necesario escribir en la ventana del browser el nombre del host dispuesto para dicha aplicación, de esta forma se ingresa <http://monitoreoelec>. Seguidamente aparecerá una ventana solicitando autorización para visualizar los datos del sitio Web, tal y como se muestra en la siguiente figura.

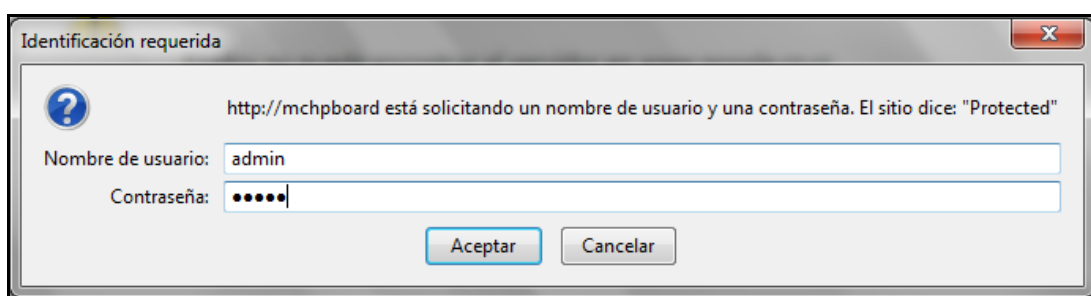


Figura A.2-1 Solicitud de autenticación para entrar al sitio Web.

Una vez que se ingresa se puede encontrar información referente a IDNET S.A., en específico la ubicación, la actividad principal de la empresa, una breve explicación de la condición actual del mercado de las telecomunicaciones y por último el tipo de monitoreo presente en la página, véase figura A.2-2.

Dentro de las principales características que se puede en la aplicación Web están: estación correspondiente al monitoreo, información en forma de texto y un enlace a una nueva página en donde se muestran las diferentes estaciones de comunicaciones manejadas por la entidad.

SISTEMA DE MONITOREO ELÉCTRICO



Acerca del proyecto...

Bienvenido!

Estación: BERLÍN DE SAN RAMÓN

La empresa IDNET S.A., se ubica en Palmares de Alajuela, Costa Rica. Tiene como actividad principal la transmisión inalámbrica de datos con servicio de seguridad de la información de banda ancha e Internet a nivel nacional, constituyéndose en los primeros en emplear una red WiMAX dentro del país para finales del 2006.

En este momento, el mercado de telecomunicaciones se encuentra en un proceso de apertura, lo que significa que los clientes son cada vez más críticos con el servicio brindado. Por lo tanto es de interés para la empresa solucionar cualquier falla que signifique una pérdida de confianza por parte de los clientes.

Es así como esta página muestra en tiempo real el monitoreo de diversos elementos en la estación base asignada. Brindando al personal de la empresa la capacidad de llevar soluciones rápidas a los sistemas de comunicación.

ESTACIONES>>Click here!!!!

Operación tarjeta:




Temperatura (C): 26



Estado Eléctrico: ●

● On / ● Off



Reset Eléctrico:
(presione) ●

Copyright © 2011 Idnet S.A. Soluciones en Comunicaciones

Figura A.2-2 Vista general del sitio Web programado en HTML.

Al lado derecho de la ventana principal es posible encontrar 4 secciones, la primera de ella corresponde a la **Operación de la tarjeta:** una serie de círculos indicadores de color verde muestran la correcta inicialización y el último círculo deberá

de parpadear entre dos colores, el verde claro y el morado; esto confirma que el programa está corriendo de manera adecuada, es decir, el procesamiento de datos y su respectivo traslado por TCP/IP.

Temperatura: En esta casilla se indica en tiempo real el valor captado por el sensor de temperatura instalado en la estación de comunicaciones, dicho valor está en la escala Celsius.

Estado eléctrico: Una luz que combina entre verde y rojo indica que existe fluido eléctrico en la estación o que se ha producido un fallo de este tipo respectivamente. Una leyenda al pie de esta sección deja entrever la nomenclatura empleada y su significado.

Reset eléctrico: A través de una combinación de “click” es posible realizar el reinicio de la línea de alimentación de los equipos en la estación correspondiente. Es de suma importancia asegurarse que el color del círculo indicador debe ser de color verde al final del reinicio, con esto se asegura la correcta circulación de la corriente hacia los equipos. En caso de realizar un click sobre un campo no activado, emerge una ventana con la leyenda “Opción no válida”.

Como se ha mencionado con anterioridad, existe un enlace que abre una nueva página, en donde un mapa con las diferentes ubicaciones de las estaciones se presenta. En cada estación, representada con un objeto de color naranja, es posible realizar un click y redireccionar al monitoreo específico para dicha estación.

Es importante comentar que esta será la página principal a futuro, en donde se tenga acceso a todas las estaciones de una manera sencilla y agradable al usuario.



Ubicación de las distintas estaciones de comunicaciones en el país

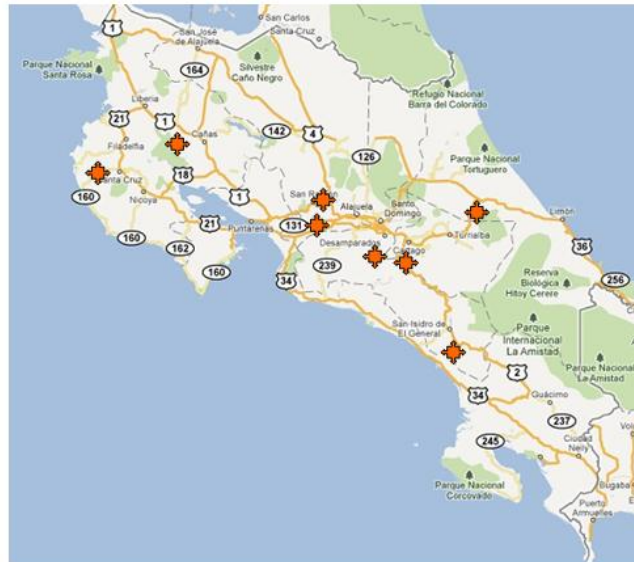


Figura A.2-3 Pagina auxiliar de la ubicación de las distintas estaciones a lo largo del país.

A.3 Protocolos de medición

El procedimiento seguido para realizar mediciones a los módulos de detección de estado eléctrico, sensado de temperatura y reinicio es el siguiente:

1. Alimentar las configuraciones electrónicas diseñadas con los valores adecuados de tensión y corriente especificados en los diagramas.
2. Alterar el valor de las variables de entrada, en el caso que se requiera; y así observar mediante medición el comportamiento adecuado de los elementos que compone cada circuito.
3. Registrar en tablas los datos obtenidos.

Para realizar pruebas con la tarjeta embebida se debe realizar lo siguiente:

1. Cargar el programa al microcontrolador mediante la grabación en memoria con el MPLAB.
2. Utilizar el simulador MPSIM para verificar el envío o recepción de datos.
3. Debido a la factibilidad de la tarjeta Ethernet de depuración, se puede conocer la rutina en ejecución.
4. Emplear LEDs para indicar aquellas banderas o señales de alerta activas o desactivas.
5. Utilizar software para verificar la correcta conexión con la red por parte de la tarjeta embebida. Por ejemplo verificar la dirección IP de la tarjeta, dirección MAC, atributos, entre otros.
6. Combinar el sistema embebido con la aplicación .HTML para verificar la recepción y envío de información.

A.4 Información sobre la empresa

La empresa IDNET S.A., ubicada en Palmares de Alajuela, tiene como gerente al Diplomado Juan Carlos Pacheco Bolaños, quien a su vez es el Gerente de ventas para alta escala y ha desempeñado esos puestos desde el día en que se fundó la empresa, el cual fue en enero de 1999.

Es una empresa pequeña por la cantidad de empleados que posee y el terreno de las instalaciones físicas que abarca, pero suficiente para el tipo de proyectos que hasta el momento se elaboran y además es una de las mejores en su área.

Posee una cantidad de 12 empleados divididos en 5 departamentos, los cuales son: Ventas, Administración, Mantenimiento, Ingeniería y Producción. Todos los departamentos poseen dos empleados, a excepción del de Producción que sólo posee uno y el de mantenimiento que posee cinco trabajadores.

Por medio de la novedosa tecnología WiMAX y un trabajo especializado y de calidad, que la empresa implementa soluciones tecnológicas y ofrece diversidad de aplicaciones en telecomunicaciones.

Dentro de los servicios que el cliente puede solicitar están:

- Internet de banda ancha
- Enlaces corporativos de transporte de datos
- Contratos de servicio y SLA
- Desarrollo de proyectos de telecomunicaciones
- Seguridad informática al más alto nivel

Su misión es “Innovar creativamente a nivel de tecnología para brindar servicios y soluciones a sus necesidades en Telecomunicaciones, además ofrecer novedosos equipos tecnológicos para mejorar la calidad de vida de los costarricenses.”



info@idnetcr.com
Teléfono [\(506\) 2453-3434](tel:50624533434)

Anexos

Sensor LM35



November 2000

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

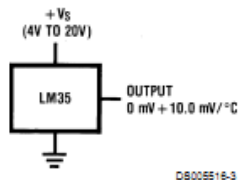
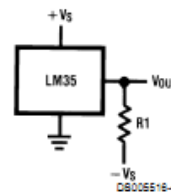


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
■ $+250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
■ $-550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_B \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_B = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_B = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_B = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_B = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_B \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_B \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C



SWITCH MODE TRAVEL CHARGER

REV. 01

FEATURES

- ST PROPRIETARY VIPER TECHNOLOGY
- WIDE RANGE INPUT VOLTAGE
- SINGLE OUTPUT MAX 4W
- DESIGNED FOR ON LINE CHARGING OF MOBILE PHONES
- MTBF > 100000 HOURS
- LIFETIME 8000 HOURS TYP.
- EMC COMPLIANCE TO ETS300-342-1
- SAFETY COMPLIANCE TO EN60950, CSA/UL1950
- OUTPUT VOLTAGE PRECISION ±5%
- OUTPUT CURRENT PRECISION ±12%
- OUTPUT RIPPLE VOLTAGE <100 mVpp
- (INPUT FUSE PROTECTION)
- OUTPUT SHORT CIRCUIT PROTECTION
- 2 WIRES DC CORD TERMINATED WITH ANY CUSTOM CONNECTOR
- AVAILABLE WITH A VARIETY OF AC PLUGS: AC PLUG SELECTION INCLUDES EUROPE, UK, US, AUSTRALIA, CHINA
- LOW STAND BY POWER
- CE MARKED. UL, AUSTRALIA, UK, SOUTH AFRICA AND CHINA MARKING UPON REQUEST



DESCRIPTION

The VIP Charger has been designed for charging NiMH, NiCd and Li-Ion batteries in GPRS hand held mobile phones.

VIP is a very low cost high efficiency AC/DC switching mode constant voltage & current generator built around ST Viper.

The output voltage and current levels are set up by design in accordance with customer requirements.

Typical output sets of value range from V_o 5 V, I_o 700 mA to V_o 6.5 V, I_o 540 mA.

Reference values in this data sheet are 6.5V, 540mA with the input ranging (90+264 V_{rms}).

Coming into its light housing, VIP can be assembled with a variety of AC plugs identified by specific ordering numbers.

Typical weight is 50 grams only, without cable.

Plug Type	Ordering Number
EURO	GSAC-xxx/1
USA	GSAC-xxx/2
UK	GSAC-xxx/3
AUSTRALIA	GSAC-xxx/4
CHINA	GSAC-xxx/5

GSAC-VIP

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb}=25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified.) GSAC-xxx

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
V_i	Input Voltage		90		264	V_{rms}
V_o	Output Voltage	$0 < I_o < I_{limit}$	6.1	6.5	6.8	V
I_o	Output Current limit	$0 < V_o < V_{limit}$	480	540	600	mA
V_{or}	Output Ripple	$I_o = limit$ $V_o = 4V$			100	mVpp
V_{is}	Isolation Voltage	Input to Output, $t=60s$ (EN60950)	3000			V_{rms}
T_{op}	Operating Ambient Temperature		-5		55	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature Range		-20		70	$^{\circ}\text{C}$
η	efficiency			75%		
	M.T.B.F.	$T_a=25^{\circ}\text{C}$ $I_o=540\text{mA}$	10^5			h
	Lifetime	$T_a=25^{\circ}\text{C}$ $I_o=540\text{mA}$		8000		h

AGENCY APPROVALS

The charger is compliant with most popular safety and EMC requirements, including but limited to:

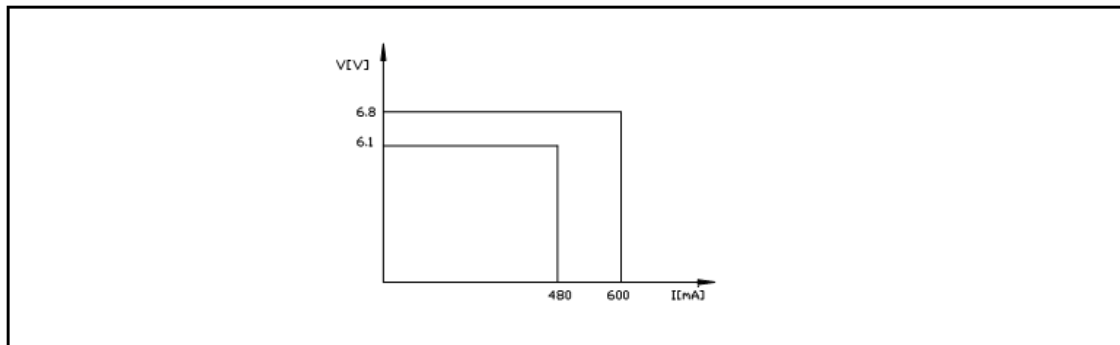
EN60950

UL1950

ETS300-342-1

It is marked CE, other marking including UL, AUSTRALIA, UK, SOUTH AFRICA and CHINA are available upon request and agreement.

TYPICAL OUTPUT CHARACTERISTICS



PIC32MX5XX/6XX/7XX

Pin Diagrams (Continued)

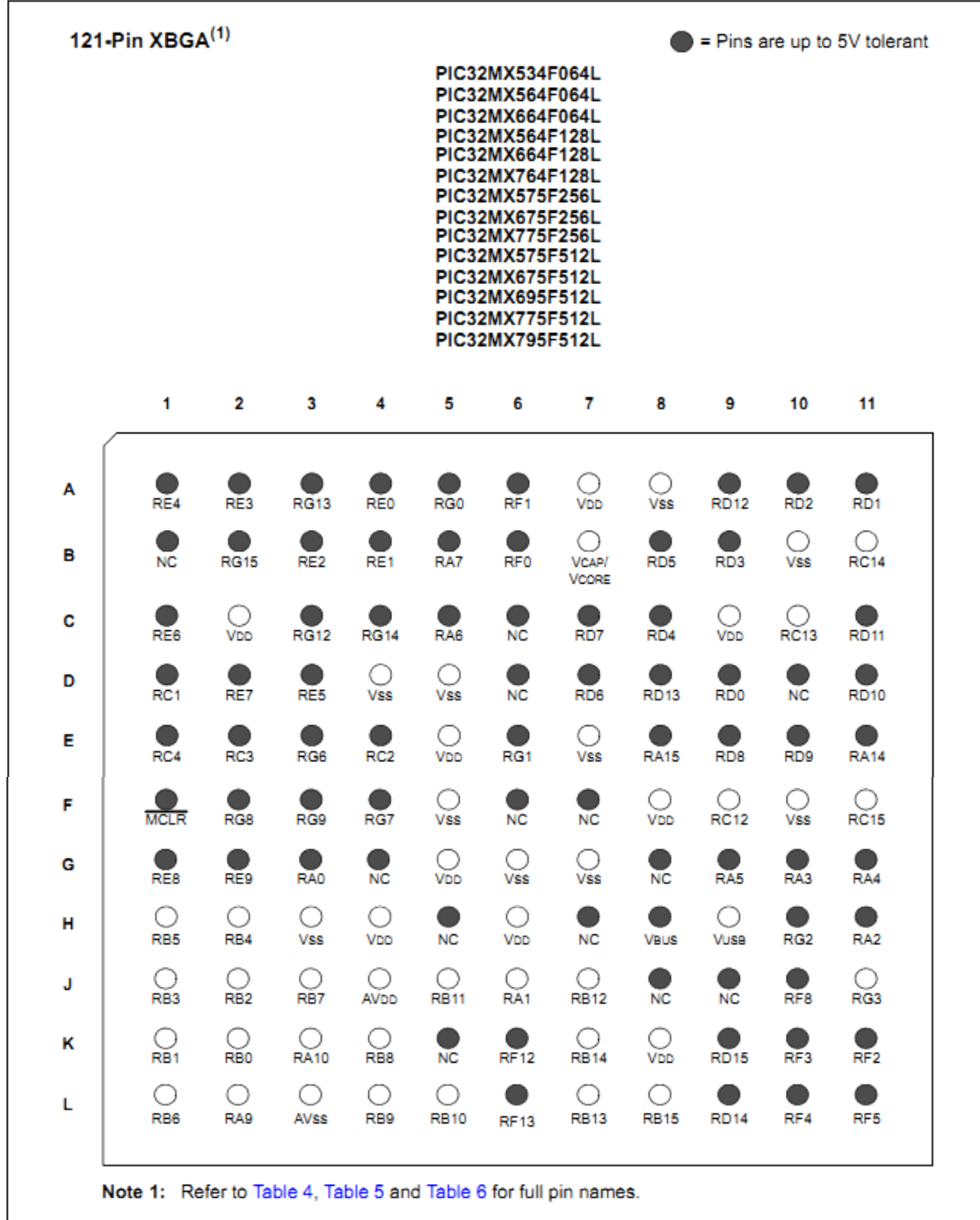
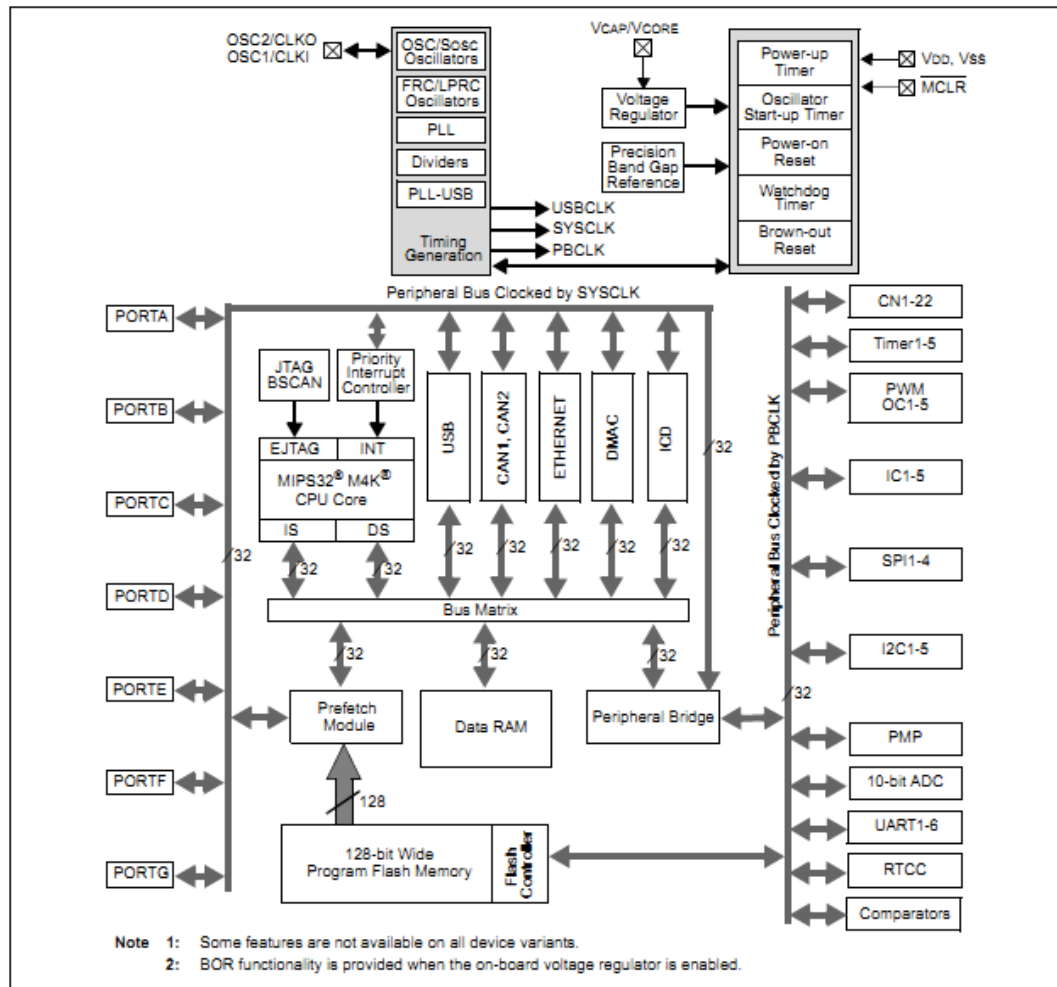


FIGURE 1-1: BLOCK DIAGRAM(1,2)



PIC32 Ethernet Starter Kit User's Guide

1.2 PIC32 FUNCTIONALITY AND FEATURES

Representations of the layout of the PIC32 Ethernet Starter Kit are shown in [Figure 1-1](#) and [Figure 1-2](#).

The top assembly of the board includes these key features, as indicated in [Figure 1-1](#):

1. PIC32MX795F512L 32-bit microcontroller.
2. PIC32MX440F512H USB microcontroller for on-board debugging.
3. Green power indicator LED.
4. On-board crystal for precision microcontroller clocking (8 MHz).
5. USB connectivity for on-board debugger communications.
6. Orange debug indicator LED.
7. Three push button switches for user-defined inputs.
8. Three user-defined indicator LEDs.
9. USB Type A receptacle connectivity for PIC32 host-based applications.
10. HOST mode power jumper.
11. RJ-45 Ethernet port.
12. Ethernet 10/100 bus speed indicator LED.
13. 50 MHz Ethernet PHY oscillator.
14. 32 kHz oscillator (optional).
15. USB Host and OTG power supply for powering PIC32 USB applications.

Note: When running self-powered USB device applications, open the jumper JP2 to prevent possibly back-feeding voltage onto the VBUS from one port on the host to another (or from one host to another).

For details on these features, refer to [Chapter 2. "Hardware"](#).

FIGURE 1-1: PIC32 ETHERNET STARTER KIT LAYOUT (TOP SIDE)

