

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería Eléctrica
Comisión de Estudios de Postgrado

Sistema direccionable para la prevención y detección de incendios (aplicaciones de pequeño y mediano tamaño)

Ing. Nelson Martin. Freitas de G.

C.I.: 10.486.136

Trabajo presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela para
optar al título de Especialista en
Instrumentación.

Caracas, Mayo de 2004

Deposito Legal: LFT487200462131

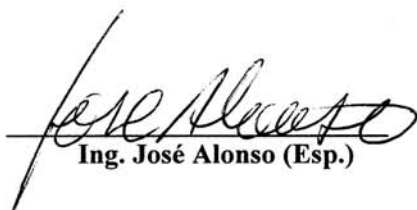
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

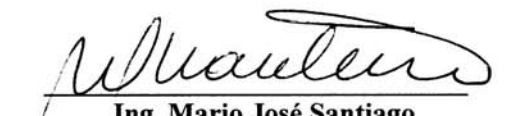
VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Facultad de Ingeniería para examinar el Trabajo Especial presentado por la Ing. **Nelson M. Freitas de G.**, Cédula de Identidad número **V-10.486.136**, y titulado ***"SISTEMA DIRECCIONABLE PARA LA PREVENCIÓN Y DETECCIÓN DE INCENDIOS (APLICACIONES DE PEQUEÑO Y MEDIANO TAMAÑO)"***, a los fines de cumplir con el requisito legal para optar al título de ***ESPECIALISTA EN INSTRUMENTACIÓN***, dan fe de lo siguiente:

1. Una vez leído como fue, dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, el coordinador del jurado convocó para efectuar la defensa en forma pública el día Jueves 29 de Julio de 2004, a las 02:00 p.m., en la Auleta de Postgrado del Edificio de Aulas de la Facultad de Ingeniería.
2. La defensa comenzó a las 02:00 p.m. en el sitio y fecha antes señalados. El aspirante hizo un resumen oral de su Trabajo Especial, luego de lo cual respondió satisfactoriamente las preguntas que le fueron formuladas por el Jurado, todo ello conforme a lo dispuesto en el artículo 44 del Reglamento de Estudios de Postgrado de la Universidad Central de Venezuela.
3. Finalizada la defensa pública, el jurado deliberó en privado y por unanimidad decidió **APROBAR** el Trabajo por considerar, sin hacerse solidario de las ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento antes citado. Para dar este veredicto, el Jurado consideró que el trabajo representa un aporte tecnológico original y una aplicación de las técnicas modernas de Instrumentación en el diseño de sistemas de prevención y detección de incendios.

En fé de lo cual se levanta la presente acta, en original y tres copias, en Caracas, a los veintinueve días del mes de julio de dos mil cuatro, dejándose constancia que conforme a la normativa jurídica vigente, actuó como coordinador del jurado, el Profesor Simón Morales Mago, tutor del trabajo.


Ing. José Alonso (Esp.)


Ing. Mario José Santiago
(Sala Técnica Bomberos Metropolitanos)


Dr. Simón Morales M.
Coordinador

*A mis padres,
Martinho Da F. Freitas
Elsa De Jesús N. De G.*

Agradecimientos

Mis más sinceras gracias a:

Al profesor Simón Morales, por su gran apoyo en la realización de este trabajo.

A Jahir Brito, por la colaboración prestada para culminar el proyecto.

A Mario Santiago, por todas sus recomendaciones.

Autor: Ing. Nelson Martin Freitas de G.
Título académico a obtener: Especialista en Instrumentación.
Universidad: Universidad Central de Venezuela.
Fecha: Mayo 2004.
Profesor Guía: Ing. Simón Morales, Ph.D.
Título de la Tesis: *Sistema direccionable para la prevención y
detección de incendios (aplicaciones de pequeño y mediano tamaño).*

Resumen

Este trabajo surge como respuesta a la problemática existente en el área de los equipos para la prevención y control de incendios, estándares internacionales están produciendo una actualización de las normas venezolanas relacionadas con el campo de la seguridad residencial e industrial. El objetivo de ésta renovación es orientar los sistemas contra incendios hacia equipos de última generación, en donde, el aspecto direccionable es de gran importancia, un sistema que permita definir con exactitud la localización de un conato de fuego permitirá la toma de acciones más eficaces para controlar dicho evento.

Los sistemas direccionables existentes en el mercado venezolano son muy eficientes, sin embargo, su elevado costo los restringen a ser utilizados en pocas edificaciones, sustituyéndolos por sistemas convencionales económicos pero con muy pocas prestaciones funcionales.

Este proyecto tiene como meta crear un prototipo de un equipo direccionable contra incendios, utilizando para esto, la filosofía de un sistema de control principal y una serie de sensores y actuadores direccionables conectados sobre buses de control. El sistema está formado por una serie de nodos, conectados a un panel principal multi-procesadores, a través de un conjunto de enlaces del tipo ISO-11898, bajo una plataforma FULL CAN versión 2.0A a una velocidad de 4 Kbits/seg.

El panel central además de mantener activo la red de sensores dentro de una edificación, posee la característica de comunicación serial hacia cualquier elemento externo, por medio de un canal del tipo RS-232 V.28; esto permite la capacidad de crear redes de sistemas contra incendios que no solo monitoreen una estructura, sino que permitan controlar localidades compuestas por múltiples edificaciones.

Contenido

Introducción.....	1
Objetivos.....	2
<i>Objetivo General.....</i>	<i>2</i>
<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>2</i>
Situación Actual.....	3
Solución Propuesta.....	7
1. Generalidades de los sistemas de detección de incendios.....	10
<i>1.1. Componentes de los sistemas para la detección de incendios.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.1. Detector Puntual de Calor.....</i>	<i>13</i>
<i>1.1.2.Detector Puntuales de Humo.....</i>	<i>15</i>
<i>1.1.2.1. Detector puntual iónico.....</i>	<i>16</i>
<i>1.1.2.2. Detector puntual fotoeléctrico.....</i>	<i>17</i>
<i>1.1.3. Estación Manual de Alarma.....</i>	<i>18</i>
<i>1.1.4. Sensor puntual de flujo.....</i>	<i>19</i>
<i>1.1.5. Dispositivos digitales de entrada.....</i>	<i>19</i>
<i>1.1.6. Difusor de sonido.....</i>	<i>20</i>
<i>1.1.7. Dispositivos digitales de salida.....</i>	<i>21</i>
<i>1.1.8. Panel contra Incendios.....</i>	<i>22</i>

2. Generalidades sobre los buses de control.....	29
2.1. Funcionamiento del CAN.....	30
2.1.1. Formato de los mensajes CAN.....	31
2.1.2. Implementaciones de los lazos CAN.....	33
2.1.3. El Nivel de Aplicación, los HLP (High Level Protocol).....	34
2.2. Generalidades sobre el estándar ISO-11898.....	35
3. Análisis del hardware desarrollado.....	39
3.1. Panel principal contra incendios.....	39
3.1.1. Bloque de control principal, procesador Maestro U1.....	42
3.1.2. Bloque de Interfase.....	44
3.1.3. Bloque para el control de carga y señalizaciones externas.....	46
3.1.4. Módulo de Interfase CAN.....	49
3.1.5. Bloque de fuentes de alimentación.....	52
3.2. Nodo Básico.....	55
3.2.1. Bloque de control e interfase CAN.....	55
3.2.2. Módulo Térmico.....	58
3.3.2. Módulo Iónico.....	61
3.3.3. Módulo de sonido.....	64
4. Estructura de los protocolos desarrollados.....	67
4.1. Protocolo HLP-CAN desarrollado.....	67
4.2. Protocolo RS-232 V.28 desarrollado.....	71

5. Análisis de los programas en formato ensamblador desarrollados.....	77
5.1. Panel Principal.....	77
5.1.1. Programa para el procesador principal U1.....	77
5.1.2. Programa para el procesador esclavo U6.....	82
5.1.3. Programa para el procesador esclavo U10.....	84
5.2 Nodo Básico.....	88
6. Estructura de las bases de datos desarrolladas.....	92
6.1. Base de datos de dispositivos.....	92
6.2. Base de datos de eventos.....	94
7. Análisis de costos aplicados al prototipo.....	97
8. Pruebas aplicadas al prototipo.....	101
Conclusiones y Recomendaciones.....	104
Bibliografía.....	107
Anexo 1: Detector de Calor modelo 600, marca FCI – Honeywell..	109
Anexo 2: Detector de Calor Termovelocimétrico modelo ATD-L2, marca FCI – Honeywell.....	111
Anexo 3: Cámara de Detección Iónica de Humo modelo NIS- 09C, marca Nemoto.....	114
Anexo 4: Circuito integrado modelo MC14578P, marca Motorola..	117

<i>Anexo 5: Detector Iónico de Humo modelo ASD-IL2, marca FCI – Honeywell.....</i>	122
<i>Anexo 6: Detector Optico de Humo modelo ASD-PL2, marca FCI – Honeywell.....</i>	125
<i>Anexo 7: Detector de Humo para conductos modelo DH-60, marca FCI – Honeywell.....</i>	128
<i>Anexo 8: Detector de Humo por ases infrarrojos modelo SPB-24, marca FCI – Honeywell.....</i>	131
<i>Anexo 9: Sensor de Flujo serie WF, marca FCI – Honeywell.....</i>	134
<i>Anexo 10: Módulo digital de entrada modelo AMM-2, marca FCI – Honeywell.....</i>	138
<i>Anexo 11: Panel contra incendios convencional modelo FC-73, marca FCI – Honeywell.....</i>	140
<i>Anexo 12: Panel contra incendios direccionable modelo 7100, marca FCI – Honeywell.....</i>	145
<i>Anexo 13: Cálculos y Definición de tiempos y velocidad sobre los lazos CAM.....</i>	151
<i>Anexo 14: Caracterización del parámetro temperatura sobre el módulo térmico desarrollado.....</i>	154

Índice de Figuras y Diagramas Esquemáticos

<i>Figura 1: Equipo Convencional compuesto por lazos tipo A y tipo B.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2: Equipo Direccionable Propuesto.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 3: Topología del Bus CAN.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 4: Señalizaciones sobre el bus CAN y sobre el transceiver CAN.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5: Delay de propagación sobre el bus CAN.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 6. Función de transferencia del módulo para la medición de temperatura.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 7. Función de transferencia del conjunto cámara iónica – LM14578P....</i>	<i>64</i>
<i>Diagrama esquemático 1.1: Panel de Control, Bloque de control principal.....</i>	<i>43</i>
<i>Diagrama esquemático 1.2: Panel de Control, Bloque de interfase.....</i>	<i>45</i>
<i>Diagrama esquemático 1.3: Panel de Control, Bloque para el control de carga y señalización.....</i>	<i>47</i>
<i>Diagrama esquemático 1.4: Panel de Control, Bloque de interfase CAN.....</i>	<i>50</i>
<i>Diagrama esquemático 1.5: Panel de Control, Bloque de alimentación.....</i>	<i>53</i>
<i>Diagrama esquemático 2.1: Nodo Básico, Bloque de control.....</i>	<i>56</i>
<i>Diagrama esquemático 2.2: Nodo Básico, Interfase CAN.....</i>	<i>57</i>
<i>Diagrama esquemático 2.3: Nodo Básico, Bloque Térmico.....</i>	<i>60</i>
<i>Diagrama esquemático 2.4: Nodo Básico, Bloque Iónico.....</i>	<i>62</i>
<i>Diagrama esquemático 2.5: Nodo Básico, Módulo de Sonido.....</i>	<i>66</i>

Indice de Tablas

<i>Tabla 1: Tabla Comparativa: Costos Sistemas para Prevención de Incendios.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2: Definición de direcciones para el sistema desarrollado.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabla 3: Estructura de los paquetes de datos hacia los nodos.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 4: Definición de Comandos.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 5: Definición del valor de la sensibilidad.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 6: Estructura de los paquetes hacia el panel.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 7: Definición de los estados del nodo.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 8: Tipos de dispositivos.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 9: Estructura de un dispositivo almacenado en EEPROM.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabla 10: Tipos de Dispositivos.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 11: Estado de los Dispositivos.....</i>	<i>94</i>
<i>Tabla 12: Estructura de un evento almacenado en EEPROM.....</i>	<i>95</i>
<i>Tabla 13: Tipos de eventos.....</i>	<i>96</i>
<i>Tabla 14.1: Costo Prototipo Panel.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabla 14.2: Costo Prototipo Panel.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 15: Costo Prototipo Nodo Básico.....</i>	<i>100</i>

Introducción

A partir del año 1979, con la publicación de la norma COVENIN 1041-1979, titulada: “Tablero Central de Detección y Alarma de Incendios”, en nuestro país se comenzó a utilizar la normativa referente a la regulación de equipos para la detección y prevención de incendios. Esta sigue vigente y en la actualidad se ha comenzado un proceso por parte de Fondonorma y Covenin para la actualización de estas regulaciones, tratando de igualarlas a los estándares internacionales; estos, establecen la utilización de equipos modernos capaces de detectar y prevenir siniestros, teniendo como principal característica la de permitir la localización precisa del origen de la alarma, es decir un equipo direccionable.

Es nuestro país este proceso de actualización se está llevando a cabo lentamente, el principal problema es que utilizar equipos modernos representa elevar los costos que el constructor asigna al sistema de incendios. Los equipos direccionables son muy costosos, ya que son generalmente sistemas manufacturados en el exterior, y sumado a su elevado costo debemos agregar los gastos de importación y nacionalización.

Otro gran problema, es que las principales empresas dedicadas a la comercialización de productos para la detección y prevención de incendios, en algunos casos fabrican equipos convencionales y otros solo ofrecen equipos importados; sencillamente no existe en Venezuela una empresa que manufacture sistemas direccionables.

La finalidad de este proyecto es desarrollar un prototipo de un sistema direccionable capaz de competir tanto en funcionalidad como en costos con los equipos importados. El objetivo es crear un equipo económico que incentive la utilización de esta tecnología por parte del ramo de la construcción en Venezuela.

Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema microprocesado capaz de detectar y prevenir siniestros a través de una red de sensores y actuadores direccionables.

Objetivos Específicos

- Discriminar todas las variables presentes en el proceso.
- Determinar los estándares y protocolos a utilizar sobre los lazos de control.
- Establecer que métodos se utilizarán para adecuar cada una de las señales físicas existentes dentro del proceso.
- Desarrollar cada uno de los bloques de control que conforma el panel principal: multiprocesamiento, comunicaciones, interfases y actuadores de funciones especiales.
- Desarrollar las rutinas en lenguaje maquina para cada uno de los bloques que conforman al panel principal.
- Desarrollar una plataforma común para la implementación de los nodos de control.
- Desarrollar las rutinas en lenguaje maquina para la ejecución de procesos de muestreo, adecuación y comunicación de las variables hacia el panel principal.

Situación Actual

En la actualidad existen sistemas direccionables para la detección y prevención de incendios, estos equipos fabricados por empresas con tradición en esta rama de seguridad son muy conocidos a escala mundial, sin embargo sus elevados costos los hacen inaccesibles para el mercado Venezolano, empresas como FCI, SIMPLEX y NOTIFIRE, fabricantes americanos dedicadas a esta área, producen equipos de muy alto nivel tecnológico y de confiabilidad, paneles como el 7100 de FCI en conjunción con sensores direccionables conforman sistemas muy precisos y seguros para detectar y prevenir siniestros.

Estos sistemas son altamente costosos, una configuración básica conformada por un panel 7100 y un total de 60 detectores (cómputos para una infraestructura de 2600 metros cuadrados) está por el orden de unos 13800 dólares americanos. (ver tabla 1)

Altos costos, sumados a la falta de aplicación de normas exigentes en seguridad nos ha llevado a utilizar por mas de 20 años equipos obsoletos para la protección contra siniestros.

Estos equipos básicamente son paneles analógicos conformados por una serie de amplificadores y comparadores de voltaje, su función es detectar la presencia de dos señalizaciones en los lazos de sensores, estas son: un abierto (cero corriente) y un corto circuito (máximo 30 mA). En estos paneles la visualización de una situación se realiza a través de indicadores luminosos siendo su interpretación complicada.

Sistema Direccional FCI 7100			
Cantidad	Descripción	Precio Unidad (\$ Americanos)	Precio total
1	Panel FCI 7100, Incluye: gabinete, baterías y unidad de visualización	\$7.400,00	\$7.400,00
30	Detectores termovelocimétricos modelo: ADS-IT	\$85,00	\$2.550,00
30	Detectores lónicos modelo: ADS-IL	\$102,00	\$3.060,00
4	Estaciones manuales modelo MS-6	\$35,00	\$140,00
4	Módulos direccionadores modelo AMM-2	\$70,00	\$280,00
4	Difusores de sonido VAS-1	\$82,00	\$328,00
650	Metros de conductor TF18, 105 grados centígrados	\$0,15	\$97,50
	Total		\$13.855,50

Sistema Convencional Clarivox 2412CL			
Cantidad	Descripción	Precio Unidad (\$ Americanos)	Precio total
1	Panel Clarivox 2412CL, Incluye: gabinete, baterías y unidad de visualización (12 Zonas)	\$352,00	\$352,00
30	Detectores termovelocimétricos modelo: DT-01	\$16,00	\$480,00
30	Detectores lónicos modelo: DI-01	\$22,00	\$660,00
4	Estaciones manuales modelo EM-01	\$32,00	\$128,00
4	Difusores de sonido DF-01, Incluye módulo de supervisión	\$22,00	\$88,00
4520	Metros de conductor TF18, 105 grados centígrados	\$0,15	\$678,00
	Total		\$2.386,00

Cómputos para un edificio industrial, con una zonificación de 12 zonas en un total de 2600 mts cuadrados distribuidos en 3 plantas y un sótano.

Tabla 1: Tabla Comparativa: Sistemas para Prevención de Incendios Precios Marzo 2004, Fuente: CLARIVOX C.A.

Debido a la sencillez de los lazos de detección, los sensores están formados por dispositivos para detectar la presencia de una alarma; sensores mecánicos o eléctricos para la temperatura (del tipo pasivo) y electrónicos (activos) para el humo.

Estos sensores por su sencillez no poseen características importantes, como por ejemplo, la capacidad de auto corrección por suciedad y por ende el descarte de falsas alarmas. Cada uno de estos sensores están conectados a lazos de corriente, teniéndose un tope por lazo de 20 dispositivos del tipo activo; debido a su forma de conexión y falta de identificación para cada sensor, al presentarse una situación de alarma solo se indica en el panel aquel lazo que esta alarmado, esto es muy problemático al momento de tomar acción sobre el siniestro ya que no se tiene una localización exacta del origen de la alarma.

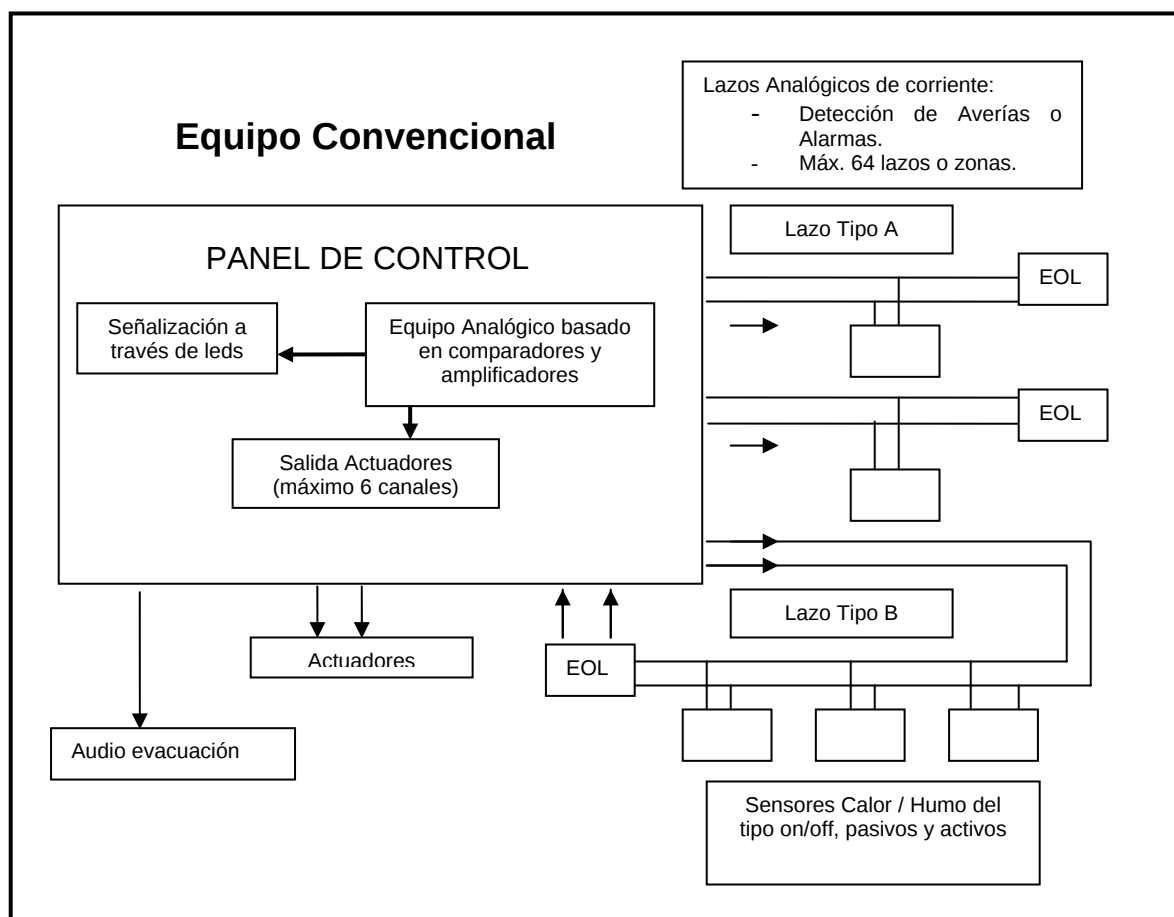


Figura 1: Equipo Convencional compuesto por lazos tipo A y tipo B

Otro punto a analizar es al momento de darle mantenimiento a estos equipos, su instalación es costosa y complicada debido a la cantidad de cables que lo conforman; en un equipo de 64 zonas tenemos 128 ramas de cableado en una conexión tipo A (2 por lazo) y 256 ramas en una conexión tipo B (4 por lazo, el lazo debe retornar al panel); esto, unido a la falta de identificación para los sensores evitan conocer exactamente en que parte del sistema existe una falla en particular. En la figura 1, se presenta una configuración básica de un equipo no direccionable, observándose su forma de conexión.

Este proyecto plantea una solución a los problemas existentes en los equipos convencionales así como los altos costos de los equipos direccionables, mediante la creación de un sistema microprocesado, competitivo en funcionalidad con los sistemas direccionables y de menor costo en relación a los equipos convencionales.

Solución Propuesta

Para solucionar la problemática existente se desarrolló un grupo de dispositivos capaces de funcionar de manera eficaz y costo reducido en una red de control serial, capaz de conformar un sistema direccionable para la detección y prevención de incendios.

El panel de control principal contra incendios es un sistema micro procesado capaz de evaluar y tomar acción sobre cada uno de los eventos referentes a los siniestros de fuego, que se presenten dentro de una edificación en donde se encuentre instalado.

El panel está conformado por un sistema multiprocesadores de características: 8 bits de procesamiento, memoria no volátil para registro de eventos y configuración y reloj de tiempo real. Sus funciones son controlar cada uno de los bloques que conformarán el panel de control: bloque de comunicaciones, unidad de interfase, fuentes de alimentación y lazos de control.

Unidad de Interfase: conformado por un LCD de 40 caracteres por 2 líneas, su función es mantener una interfase de salida con el operador del sistema, mostrando: estado del panel, eventos, averías y alarmas; como mecanismo de entrada de datos se utiliza un teclado matricial de 52 teclas donde el usuario puede tener acceso a las funciones del panel. Este bloque está controlado por un microprocesador esclavo atendiendo las funciones impartidas por el CPU maestro vía un canal de datos serial.

Bloque de comunicaciones: está conformado por un canal de datos serial RS232 – V.28 a 2400 bps, 1 start bit, 8 de datos, 1 stop bit; su función es permitir la configuración y adquisición de datos a través de una protocolo serial estándar y un conjunto de comandos del tipo texto.

Fuentes de Alimentación: su función es crear los voltajes de alimentación necesarios para el funcionamiento del sistema completo, es decir panel y dispositivos conectados a él, está conformado por una alimentación primaria obtenida de la red 110 Vac y una alimentación secundaria obtenida de un banco de baterías.

Lazos de control: está conformado por 8 canales de comunicación serial bajo el estándar ISO-11898 y protocolo CAN Versión 2.0A. Bajo este esquema tendremos una capacidad máxima de 64 dispositivos conectados sobre cada lazo de control.

Nodos de control: están basados en una plataforma común compuesta por cada uno de los módulos necesarios para medir las variables del proceso: temperatura, humo, flujo de agua, control de equipos y bombas, señales de audio evacuación, etc. Los nodos están conformados por un microcontrolador que intercambia datos con el panel a través de un protocolo CAN V2.0A a una velocidad de 4 Kbits/seg, sus funciones de adquisición de datos analógicos nos permite interpretar las variables físicas y convertirlas en datos digitales enviados hacia el control principal.

En la figura 2 podemos observar una representación grafica del sistema propuesto.

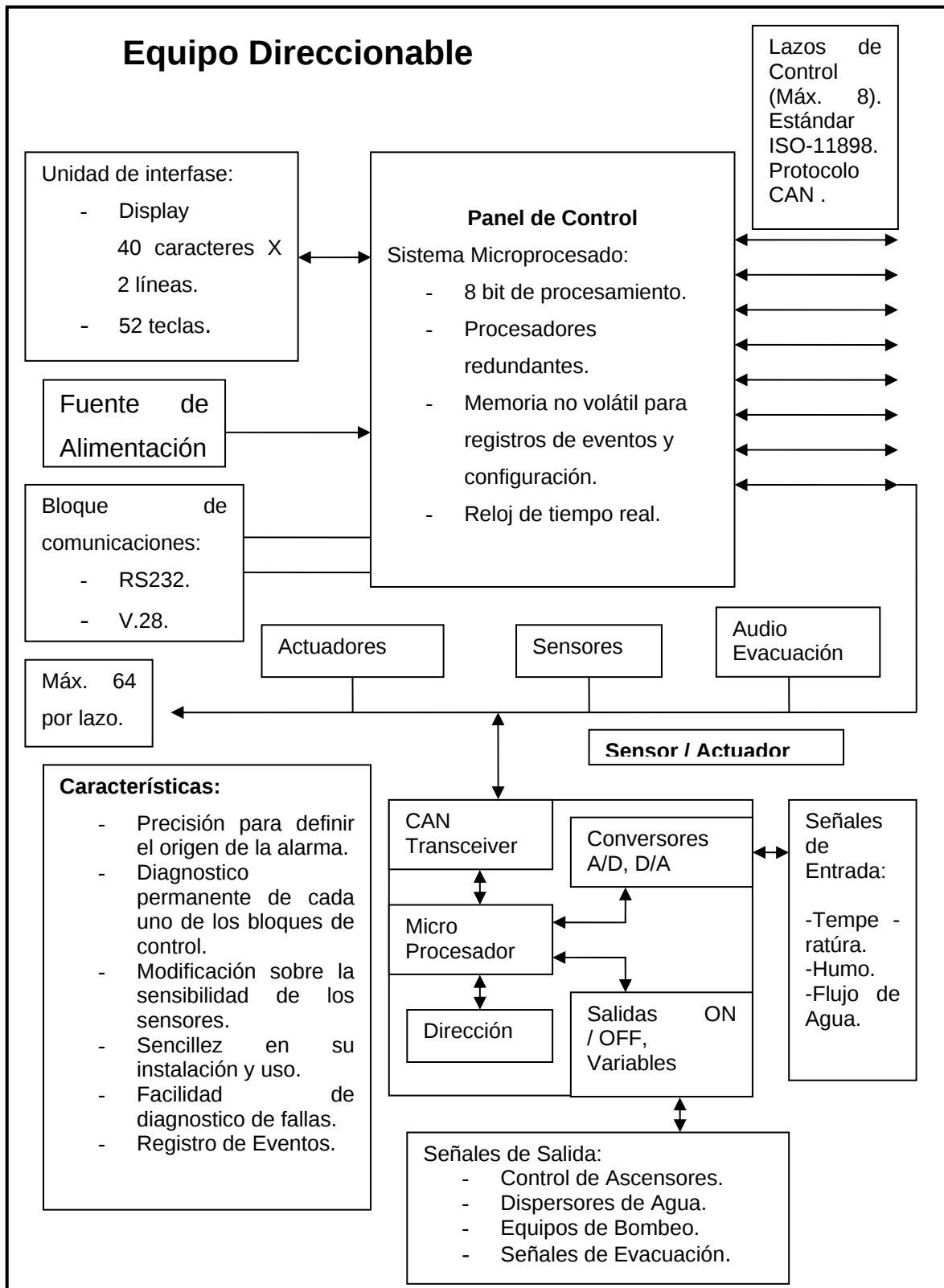


Figura 2: Equipo Direccional Propuesto

1. Generalidades de los sistemas de detección de incendios

Los sistemas para la detección de incendios son equipos mecánicos o eléctricos los cuales al ser colocados en edificaciones poseen la capacidad de indicar y actuar sobre la presencia de un conato de fuego. Estos sistemas están compuestos por múltiples sensores y actuadores, los cuales a ser distribuidos correctamente poseerán la capacidad para contrarrestar la aparición de un conato de incendio.

Las funciones principales de estos sistemas conjugados con un panel o control principal tiene como finalidad tres aspectos importantes:

- Indicarle a los actores humanos involucrados en el proceso, sean residentes, visitantes o empleados la presencia de un conato de incendio en una edificación y así poder iniciar los procedimientos de evacuación.
- Activar los elementos para la extinción de llamas, ventilación de áreas de escape, sistemas de iluminación de emergencia, llamada de ascensores a nivel PB para evitar su utilización, reporte automático al cuerpo de bomberos. (en algunos equipos)
- Ofrecerle a los encargados de controlar los siniestros, en un primer momento, personal de seguridad, conserjes o grupos de tarea y luego al cuerpo de bomberos, la ubicación de cada uno de los focos de fuego que se están presentado en una edificación.

Estos sistemas pueden ser del tipo mecánico, en donde la utilización de diferentes procesos físicos permiten detectar por ejemplo: el incremento de temperatura en una área determinada o iniciar la dispersión de agua sobre un conato de fuego, estos sistemas fueron los primeros en ser utilizados y debido a

su sencillez y falta para procesar información sobre el evento, están siendo sustituidos por elementos del tipo electrónico.

Los sistemas del tipo eléctrico están basados en tecnología de semiconductores y ofrecen la capacidad de gerenciar de mejor manera la forma como detectar y actuar sobre un siniestro.

Los sistemas eléctricos se dividen en dos categorías, los del tipo “lazo de corriente” y los del tipo direccionable, ambos deben tener como normas dos puntos importantes, la detección - actuación sobre el siniestro y la capacidad de ser supervisados por un equipo central.

La primera categoría es la más usada en nuestro país, esto debido a su bajo costo de instalación y operación, sin embargo, normativas internacionales están obligando a los organismos nacionales evaluar su rendimiento sobre los sistemas direccionables.

Los equipos tipo “Lazo de corriente” o convencionales son elementos eléctricos y electrónicos conectados a una lazo de alimentación – detección, el cual posee la capacidad de supervisar el elemento puntual de detección y a su vez interpretar las señalizaciones referentes a la presencia de un conato de fuego.

Estos sistemas están basados en la tecnología de lazos de corrientes, en donde, un equipo central alimenta a cada uno de los detectores y actuadores y a su vez verifica el nivel de corriente que circula sobre el lazo, niveles de corriente en el rango de 1mA a 10mA [Covenin 1041-1979] garantiza que existe una conectividad entre todos los detectores – actuadores y el panel principal, una corriente de saturación de 20 mA a 30 mA [Covenin 1041-1979] establece la presencia de una evento de alarma. Esta señalización contempla tres estados: funcionamiento normal, avería y alarma.

La limitación práctica de estos lazos radica en dos deficiencias muy marcadas, la primera se refiere a que los detectores deben poseer una tecnología eléctrica o electrónica de muy bajo consumo, 50 uA [Covenin 1041-1079] obligando a tener que limitar la capacidad de procesamiento de señales en los sensores. La segunda limitación es la que acarrea mayores problemas y se refiere a la poca capacidad que posee el panel para identificar de manera exacta la localización del evento.

Estas limitaciones en algunos casos son corregidas en cierto grado por la utilización de técnicas alternativas, por ejemplo: procesos físicos como medición de temperatura con una cámara barométrica (detectores de cero consumo), y colocando una gran cantidad de lazos de alimentación para sectorizar una área en múltiples zonas. Estas soluciones no son generalmente las más idóneas ya que sacrifican capacidad de detección y aumento significativo en redes de cableado.

Los sistemas convencionales pueden estar configurados por dos tipos de cableado, el tipo A, siendo este el más utilizado, en donde el lazo parte desde el tablero y culmina con una resistencia de final de línea en el último elemento puntual de detección – actuación; y el de tipo B, en donde el lazo parte desde el tablero, recorre cada elemento que conforman el lazo y regresa al tablero.

Los sistemas del tipo direccionable, son aquellos que al utilizar protocolos de comunicación serial permiten establecer un canal de datos entre el panel y cada uno de los elementos de detección y actuación; dependiendo de la complejidad de estos canales, se pueden obtener niveles de información desde una simple obtención de la variable fuego con su ubicación exacta hasta la posibilidad de obtener datos sobre funcionamiento, condiciones de operación y actuación en sitio de cada uno de los sensores conectados al lazo.

Las marcas SIMPLEX, NOTIFIRE y FCI son las más representativas en el área de sistemas para la prevención y protección contra incendios, con una experiencia de más de 20 años en la manufactura de sistemas convencionales y direccionables. Estas casas fabrican sistemas compuestos por paneles centrales con diferentes características de operación, así como una gran variedad de elementos puntuales de detección y actuación.

Un elemento característico de estos fabricantes es que sus equipos direccionables no utilizan protocolos estandarizados, por lo que cada uno de ellos comercializa sus propios elementos puntuales a ser conectados sobre los lazos, esto crea un grave problema ya que restringe la iniciativa de terceros para desarrollar nuevas tecnologías compatibles con estas marcas.

1.1. Componentes de los sistemas para la detección de incendios

Los sistemas para la detección de incendios están conformados por una serie de elementos de detección y actuación conectados a un panel principal, dependiendo de la función que realicen, estos pueden clasificarse como elementos de entrada y elementos de salida.

A continuación vamos a estudiar cada uno de estos dispositivos en función de la variable que éstos deberán sensar o actuar dentro del proceso de control.

1.1.1. Detector Puntual de Calor

Es aquel dispositivo que posee la capacidad de señalizarle al panel contra incendios el incremento de temperatura en el área donde se encuentre ubicado, la norma venezolana establece [Covenin 1382-1979] que estos dispositivos deberán tener la capacidad de detectar cuando la temperatura alcance una máxima para un riesgo del tipo ordinario de 73.5 grados centígrados, es decir detectores de temperatura fija. Igualmente se establece que los sensores deberán poseer la capacidad de medir cambios incrementales de temperatura (pendiente positiva) en

función del tiempo (11 grados centígrados en 60 segundos), detectores del tipo termovelocimétrico.

Los detectores de calor pueden clasificarse en dos categorías, los del tipo mecánico con un consumo nulo de corriente sobre el lazo al que se conectan y los del tipo electrónico.

Comenzaremos analizando los del tipo mecánico, estos son los elementos de data más antigua dentro del campo de la detección de incendios, y cumplen con ambos aspectos de la normativa COVENIN. El sensado de temperatura fija se realiza a través de un par de contactos eléctricos gobernados por un grupo fleje – resorte, el cual al alcanzar el valor máximo de temperatura actúa sobre los bornes del detector produciendo un contacto sobre ambos cables del lazo de alimentación (señal de alarma hacia el panel), esta interacción se logra utilizando un fleje el cual bloquea un resorte sobre los contactos eléctricos del detector. Esta restricción mecánica se logra utilizando una aleación metálica compuesta por Plomo, Bismuto y Estaño; el grado de combinación de cada uno de estos elementos determina el punto de fusión de la aleación, fijado por norma a 73,5 grados centígrados. Al alcanzarse esta temperatura el metal se funde liberando al grupo fleje – resorte el cual cortocircuita los bornes del sensor. Esta solución sencilla permite tener un dispositivo muy económico y sobre todo de cero consumo de corriente.

La capacidad termo - velocimétrica se logra adicionándole al detector una cámara de aire con una salida controlada por una válvula de regulación. Esta sección sellada está compuesta por un diafragma y un grupo de contactos eléctricos; un aumento de temperatura causará un incremento proporcional de presión dentro de la cámara sellada. Si la válvula reguladora no es capaz de equalizar las presiones tanto interna como externa sobre el detector, ésta actuará sobre el diafragma obligando a los contactos eléctricos a unirse (corto circuito sobre el lazo), de esta manera un incremento de temperatura en un periodo de tiempo es transformado en una relación presión de cámara por unidad de tiempo.

El anexo 1 muestra un ejemplo de un detector mecánico de calor, El detector modelo 600 de la casa FCI – Honeywell es uno de los más usados en los proyectos contra incendios debido a su confiabilidad, cumplimiento de norma COVENIN y reducido costo.

Estas soluciones sencillas permitieron desarrollar elementos para detectar calor, muy utilizados actualmente dentro de los sistemas de lazo convencional, sin embargo son sensores sin ninguna capacidad para modificar los niveles de las variables dependiendo del nivel de riesgo donde son instalados.

Los detectores electrónicos son aquellos que utilizan elementos pasivos y/o activos (semiconductores) para medir la variable temperatura. Su gama alcanza desde los más elementales sensores de temperatura (RTD, termopares y termistores) combinados con elementos de comparación y temporización, hasta detectores microprocesados con la capacidad para evaluar las variables a medir.

Un ejemplo de estos detectores lo podemos ver en el Detector termo - velocimétrico de calor Modelo ATD-L2 de la Fabrica FCI – Honeywell (anexo 2), dispositivo para ser conectado a tableros contra incendios del tipo direccionable, su tecnología se basa en un termistor conectado a un procesador con capacidad análogo - digital.

1.1.2. Detector Puntuales de Humo

Son aquellos sensores que poseen la capacidad para medir la saturación de humo en una área cerrada, dependiendo de la tecnología utilizada estos sensores se clasifican en dos categorías, los que utilizan tecnología iónica y los de tecnología óptica.

1.1.2.1. Detector puntual iónico: este detector regulado por la norma COVENIN 1443-1979 es aquel que utiliza una fuente radiactiva para determinar el nivel de saturación de humo en un área cerrada, debido al tipo de tecnología utilizado, material radiactivo, la norma hace hincapié en la seguridad así como confiabilidad del dispositivo.

El funcionamiento de estos equipos se fundamenta en la utilización de una cámara iónica compuesta por tres elementos: cubierta, excitador (fuente iónica) y colector, una fuente radiactiva compuesta por Americium (Am) 241, en una proporción que no debe exceder 35 KBq, se utiliza en conjunción con un potencial eléctrico para producir una corriente de electrones dentro de la cubierta de la cámara, esta corriente de electrones es sensada por medio de un elemento o rejilla llamada colector, esta unidad deberá ser semi – sellada y solo debe permitir la entrada de humo a través de unas aberturas especialmente formuladas para este fin.

La dosis de radiación producida por el elemento sensor no deberá exceder a 0,1 mrem/h a una distancia de 100 mm medidos desde la cubierta, así como una actividad radiactiva no superior a los 20 uCi [COVENIN 1443-1979].

Actualmente la fabrica japonesa NEMOTO es el líder en la fabricación de cámaras iónicas para la medición de parámetros de saturación de elementos gaseosos y líquidos. El modelo NIS-09C (anexo 3) es el de mayor rendimiento para la medición de saturación de humo, es un sensor adecuado a la norma cuyas características más importantes son: 7 a 12 VDC para alimentación del excitador, 27 pA de corriente iónica y un radio núcleo de Americium (Am) 241 con una proporción de 33.3 KBq.

Debido a la muy poca corriente de salida sobre el colector, se deben utilizar técnicas de amplificación para convertir esta corriente del orden de los pico amperios a voltajes capaces de ser procesados por otros módulos electrónicos,

esto se logra utilizando dispositivos MOSFET de ultima generaci3n en conexi3n tipo cascada. La casa MOTOROLA Semiconductor ofrece una l3nea de amplificadores integrados para estas aplicaciones, el m3s representativo es el MC14578P (anexo 4), circuito integrado que conjuga una serie de m3dulos para poder procesar la se1al proveniente del colector de la c3mara.

Los detectores del tipo i3nico son los m3s utilizados debido a su bajo costo, sin embargo no son recomendados para ambientes h3medos o 3reas medicas, para estas zonas se recomiendan utilizar detectores del tipo 3ptico.

Un ejemplo de un detector i3nico lo observamos en el modelo ASD-IL2 de la casa FCI – Honeywell (anexo 5), detector del tipo direccionable para aplicaciones en interiores.

1.1.2.2. Detector puntual fotoel3ctrico: Estos equipos se fundamentan en la utilizaci3n de trampas de humo para indicar el nivel de saturaci3n de una 3rea en espec3fico, se utilizan elementos foto - transmisores y foto - receptores para medir el nivel de oclusi3n dentro de la trampa de humo, esta trampa es una cavidad en espiral cuya funci3n es “atrapar” el humo y conducirlo al elemento sensor. La se1al producida por el foto - receptor es proporcional a la saturaci3n de humo en el ambiente, estos dispositivos son m3s confiables que los del tipo i3nico ya que el elemento sensor no esta influenciado por el par3metro humedad.

El modelo ASD-PL2 de la casa FCI - Honeywell (anexo 6) representa un ejemplo muy concreto de estos detectores 3pticos para lazos direccionables.

Existen variantes desarrolladas a partir del principio de la detecci3n de humo por t3cnicas fotoel3ctricas, por ejemplo el detector de ducto FCI – Honeywell DH-60 (anexo 7) el cual es un sensor 3ptico en conjunci3n con una unidad de aspiraci3n, su funci3n es determinar la saturaci3n de humo existente en los ductos de ventilaci3n, para establecer si se deben encender los ventiladores de tiro.

Otra variante es el detector de as de luz infrarroja, SPB-24 de FCI – Honeywell (anexo 8), el cual es utilizado para proteger áreas externas, se fundamenta en dos unidades, transmisor y receptor, tienen como finalidad establecer una barrera de ases de luz infrarroja, la cual a ser interrumpida por columnas de humo producen una señalización al panel contra incendios.

1.1.3. Estación Manual de Alarma

Este dispositivo no es considerado un sensor como tal, ya que no mide ninguna variable física dentro del proceso para la detección de fuego, sin embargo, es un elemento importante dentro de cualquiera de estos sistemas, su función, es permitir a cualquier usuario poder activar puntualmente la alarma contra incendios, está formada por uno o dos contactos eléctricos dependiendo del tipo: simple o compuesta, estos contactos son operados por el usuario a través de elementos mecánicos, estos elementos pueden ser del tipo destruible o recuperable, en el tipo destruible un elemento debe ser forzado para que cualquiera de los contactos eléctricos se active, por ejemplo una loza de vidrio, en el modelo recuperable un elemento mecánico con cierto nivel de esfuerzo debe ser vencido para que se activen los contactos eléctricos.

La estación manual simple es aquella que al ser activada se inicia en el panel contra incendios la señalización de alarma general. [COVENIN 0758-1989]

La estación manual compuesta es aquella conformada por dos contactos eléctricos, el primer contacto es operado por el mecanismo destruible o recuperable y tiene como finalidad indicarle al panel contra incendios la activación de una señal de pre – alarma, el segundo contacto es operado a través de una llave eléctrica y tiene como finalidad indicarle al tablero la activación de la señal de alarma general. [COVENIN 0758-1989]

1.1.4. Sensor puntual de flujo

Este tipo de sensor es utilizado en conjunción con los sistemas hidráulicos tanto manuales como automáticos de extinción, su finalidad es indicarle al panel contra incendios la existencia de un siniestro, ya sea por la utilización de una manguera contra incendios o que algún tipo de método de extinción automático del tipo rociador se haya activado debido a la presencia de fuego. Estos sensores están compuestos por uno o mas contactos eléctricos los cuales son operados por medio de un mecanismo tipo paleta introducido dentro del flujo de agua, vienen en dos configuraciones, los del tipo Veleta y los del tipo Toma, el primero posee una paleta fija la cual se introduce en el flujo de agua a través de una abertura que se realiza sobre la tubería hidráulica, el segundo es aquel que se instala sobre una conexión hidráulica tipo “T” y posee diferentes paletas intercambiables para ajustarse a diferentes diámetros de tubería.

Estos sensores estan compuesto por unidades de retardo mecánico, los cuales permiten definir desde 0 segundo a partir del momento de iniciarse el flujo de liquido hasta 90 segundos.

Un ejemplo de estos equipos lo podemos ver en la serie WF del fabricante FCI – Honeywell. (anexo 9)

1.1.5. Dispositivos digitales de entrada

Dentro de cualquier sistema contra incendios existen además de las variables directamente involucradas como: temperatura, saturación de humo, factor humano, etc; otros parámetros a ser considerados, la complejidad del sistema instalado establecerá el grado de variables a sensar, sin embargo, cualquier proyecto de mediano orden posee por ejemplo las siguientes variables:

- Nivel de reserva de agua asignada al sistema de extinción.
- Presión hidráulica sobre el sistema de extinción.

- Tensión eléctrica sobre el cuadro para control de bombas de extinción.
- Supervisión de sistemas automáticos de extinción como equipos FM-200 y CO₂.

La normativa exige que todas las variables involucradas dentro de proceso de detección de fuego sean manejadas por el panel central contra incendios, para esta finalidad, se utilizan módulos electrónicos cuya función es adecuar cada una de estas señalizaciones para ser interpretadas por el control principal, esta adecuación es muy básica y consta en convertir cualquiera de estos fenómenos a nivel eléctricos (lógicos) de funcionamiento. Su composición electrónica varía en la forma como la señalización es transmitida al panel, es decir utilizando un método convencional de lazo de corriente o utilizando un formato serial de datos.

El módulo AMM-2 de FCI – Honeywell (anexo 10) es un excelente ejemplo de estos dispositivos, es un equipo electrónico capaz de sensor un lazo de corriente y convertir la información obtenida sobre la condición de este bucle a datos digitales que se envía serialmente al panel principal.

1.1.6. Difusor de sonido

Hasta ahora hemos analizado los elementos de entrada más importantes que conforman un sistema contra incendios, cada una de las señales adquiridas por los sensores deberán producir una acción al momento de establecer la condición de alarma general, entre las funciones de los sistemas contra incendios, la de indicarle a los factores humanos involucrados en el siniestro su existencia es sumamente importante, esto, para poder iniciar los procedimientos establecidos para evacuar la edificación; es por eso que se deben producir señales auditivas y visibles que las personas puedan identificarlas rápidamente como condiciones de urgencia extrema. La norma COVENIN 1041-1999 establece como una señal de alarma general un sonido ascendente de frecuencia 600 Hz. a 1100 Hz. con una duración de 2.6 segundos y un tiempo de 0.4 segundos entre ciclo.

La normativa establece rigurosamente que todas las instalaciones de una edificación deberán estar cubiertas por elementos difusores de sonido, garantizándose así que cualquier persona tenga la oportunidad de percatarse de la presencia de un conato de fuego, como distancia mínima lineal la norma establece 30 metros entre difusores de sonido.

Estos elementos pueden ser de dos tipos: los pasivos y los activos, el primer grupo son cornetas de diferentes características eléctricas y luces del tipo estroboscópicas que están conectadas al panel contra incendios y este es el generador de la señal de alarma general.

Los difusores activos son elementos compuestos por amplificadores de voltaje y generadores de tono, los cuales a través de una orden impartida desde el panel principal comenzarán la ejecución de la señal de alarma general.

Para ambos casos, la norma establece [COVENIN 1041-1999] que el panel debe tener la capacidad de supervisar a cada uno de los elementos que conforman la red de difusores de sonido.

1.1.7. Dispositivos digitales de salida

Son elementos electrónicos conectados al panel, que poseen la capacidad de activar funciones secundarias dentro de la red de equipos que conforman un sistema contra incendios, son unidades que para el caso de equipos convencionales se conectan sobre el panel principal, dándole a éste, la capacidad de activar diferentes equipos y señalizaciones, como por ejemplo: sistemas de bombeo de agua, ventiladores de aire, equipos para extinción de fuegos eléctricos FM-200 y CO₂.

Estos dispositivos, deben tener como norma salidas aisladas eléctricamente del sistema contra incendios, así como la capacidad para manejar diferentes señalizaciones eléctricas.

Para el caso de los sistemas direccionables la ventaja radica en que estos módulos se sitúan cerca de los procesos a controlar, evitándose así la necesidad de conectar los elementos finales de actuación, por ejemplo: el sistema de bombas de extinción (señales de arranque y parada) hasta el panel principal contra incendios.

1.1.8. Panel contra Incendios

Es el elemento encargado de centralizar cada una de las señales provenientes de los sensores que conforman el sistema contra incendios. Su función es procesar cada una de estas señalizaciones y proceder a ejecutar las funciones necesarias para indicar la presencia de una condición de avería o de alarma.

La norma COVENIN 1041-1999 lo define como: “Un gabinete o conjunto modular de gabinetes que contienen dispositivos y controles eléctricos y/o electrónicos necesarios para supervisar, recibir señales de estaciones manuales y/o detectores automáticos, y transmitir señales de alarma a los dispositivos encargados de tomar alguna acción”.

Dependiendo de la tecnología utilizada los paneles contra incendios se clasifican en: paneles convencionales y paneles direccionables, los primeros utilizan lazos de corriente para alimentar y sensar a cada uno de los dispositivos conectados a ellos; los de tipo direccionable utilizan técnicas de comunicación serial para interrogar a los nodos que conforman el sistema contra incendios.

En los anexos 11 y 12 se muestran ejemplos de estos sistemas, el FC-73 es un equipo convencional de 10 lazos, mientras que el FCI-7100 es un equipo direccionable de dos lazos con una capacidad para 200 detectores, ambos son fabricados por la casa FCI – Honeywell.

Cualquiera que sea la tecnología que utilicen, cada panel debe estar conformado por un conjunto de módulos que permitan su funcionamiento según la norma COVENIN 1041-1999. Esta establece las siguientes consideraciones para los tableros contra incendios:

- Deberán controlar y supervisar sus circuitos internos y de líneas externas hacia los dispositivos de detección de alarma.
- Contener los equipos y dispositivos necesarios para recibir, convertir y emitir las señales de avería, alarma previa y alarma general de forma audible y visible.
- Accionar funciones auxiliares.
- Contener en su panel frontal los dispositivos necesarios para silenciar, probar, reponer o indicar cualquier operación normal o anormal de los circuitos internos o en las líneas exteriores. Estos dispositivos deben estar montados en uno o varios gabinetes que brinden la rigidez y protección necesaria. El dispositivo de alarma general debe ser de acceso indirecto, para evitar que sean manipulados por personas no autorizadas.
- Ninguna parte eléctrica debe estar puesta a tierra, excepto partes del circuito o de los equipos que intencionalmente están puestos a tierra, para proveer la detección de fallas a tierra o circuitos de protección. El tablero de control debe estar diseñado de forma tal que no dependa de ninguna conexión a tierra para operar normalmente.

- El tablero central de control debe operar normalmente con valores de tensión entre 85% y 110% del valor nominal de alimentación.

Con relación a la fuente de alimentación la norma establece las siguientes consideraciones:

- Deben Existir dos fuentes de alimentación independientes, para operar bajo condiciones normales o anormales, la corriente alterna local y un banco de baterías.
- Las baterías deben tener una capacidad suficiente para operar el sistema bajo condiciones normales por un lapso de 24 horas, y cumplido este lapso, debe ser capaz de accionar todos los dispositivos de señalización por un tiempo mínimo de 10 minutos.
- Cuando las baterías lleguen a un nivel de descarga de un 85% de su voltaje nominal, el sistema lo debe indicar en forma visible y audible.
- El sistema de carga de batería debe cargarlas de forma tal que las proteja de un daño debido a una rata excesiva de carga y de inversión de polaridad.
- Se debe proveer medios adecuados para mantener la batería completamente cargada bajo las condiciones de operación normal, y con suficiente capacidad de rectificación para hacer funcionar el sistema bajo condiciones de alarma con la batería desconectada.
- Las baterías deben estar protegidas por dispositivos de sobre corriente que tengan una capacidad comprendida entre el 150% y el

200% de la carga de operación máxima normal y su conexión debe ser del tipo flotante o estacionario.

En relación con los procedimientos de supervisión la norma establece los siguientes parámetros:

- El cableado del sistema, los dispositivos de detección de alarma y los circuitos internos del tablero deben estar supervisados de manera que cuando ocurra un cortocircuito en el tablero, una puesta a tierra, una desconexión o corte de líneas, esto sea manifestado mediante una señal audible y visible de avería.
- Debe haber como mínimo un emisor de sonido supervisado con señal de avería, el cual debe formar parte integral del tablero central de control.
- En caso de que exista monitoreo de funciones tales como: válvula principal, sensor de flujo, regulador de presión, nivel de agua y tensión de línea de motores, el tablero debe tener la capacidad para supervisar dichas funciones.
- El tablero central de control debe tener al menos una función auxiliar supervisada.
- El cableado de sonido y los difusores deben estar supervisados.

En relación con las señales emitidas por el tablero, la norma los clasifica en tres categorías: de avería, de alarma previa y de alarma general.

De avería:

- Las señales audibles de avería deben ser distintas a las de alarma general y deben ser manifestadas mediante el funcionamiento continuo de un dispositivo de sonido. Una señal audible de avería debe ser común a varios circuitos o zonas supervisadas.
- La señal de avería también se debe evidenciar mediante una señal visible. La señal visual de avería debe indicar la ubicación o zona donde ésta se origina, y debe existir al menos un indicador color amarillo.
- La señal de avería debe ser silenciada desde el tablero central mediante un dispositivo, siempre y cuando sea transferida la indicación de avería a un indicador visible adyacente, y este debe mantenerse encendido hasta que el dispositivo de silenciar la señal audible sea regresado a su posición normal.
- La señal visual de avería no debe ser eliminada hasta corregirse la avería.
- Los dispositivos principales de sonido de avería deben estar ubicados en el tablero central. Los dispositivos adicionales de sonido de avería deben estar ubicados en otros sitios adicionales.
- La señal de avería por puesta a tierra debe ser común a todos los circuitos.

De alarma previa:

- Las señales audibles de alarma previa deben ser distintas a las señales audibles de avería y deben ser manifestadas mediante el

funcionamiento continuo de un dispositivo de sonido. Una señal de alarma previa debe ser común a varios circuitos o zonas supervisadas.

- La señal audible de alarma previa debe ser silenciada desde el panel de control a través de un dispositivo, pero éste debe transferir la señal a un indicador visible, el cual se debe mantener encendido mientras el dispositivo mantenga la acción de silenciar la alarma previa.
- La señal de alarma previa debe también manifestarse en forma visible, y esta no debe ser anulada hasta que desaparezca el motivo que la originó.
- Los dispositivos principales de alarma previa deben estar ubicados en el tablero de control, pero pueden existir dispositivos adicionales ubicados en otros lugares.
- La señal de alarma previa debe accionar la señal de alarma general en forma automática. El lapso de tiempo debe ser seleccionado desde 0 segundos hasta un tiempo determinado.
- Un corto circuito en las líneas de detección de un sistema discreto (convencional) debe dar una señal de alarma y una interrupción en las mismas debe dar una señal de avería.

De la alarma general:

- Los dispositivos audibles de alarma general deben emitir dicha señal repetidas veces con un tono ascendente comenzando en una frecuencia de 600 Hz y finalizando en 1100 Hz, con una duración de 2,6 segundos y un intervalo de 0,4 segundos entre ciclos de tono, con una tolerancia de mas o menos 5%.

- El indicador visible de alarma general debe ser el mismo que el de la alarma previa.
- Cuando exista más de un difusor de sonido, la falta de cualquiera de estos, no debe anular el funcionamiento de la alarma general.

2. Generalidades sobre los buses de control

El desarrollo de los microcontroladores en las últimas dos décadas y su aplicación a una multitud de dispositivos industriales, obligó a implementar comunicaciones digitales entre ellos y sus sistemas de control, para aprovechar las ventajas que suponen un sistema interconectado entre sí. Internacionalmente estas redes de control enlazadas digitalmente se denominan genéricamente *FIELDBUS*.

Una característica adicional que define los "Fieldbuses" es la transferencia de bloques complejos de datos entre dispositivos, frente a otros sistemas cuya unidad de intercambio se basa en el byte o el bit, estos orientados a gestionar dispositivos simples.

En la práctica, se han realizado muchos intentos para estandarizar el concepto de las redes de campo del tipo *FIELDBUS*, a continuación nombramos los sistemas más conocidos y utilizados por la industria:

- **IEC 1158/ISA SP50.02:** generado en los Estados Unidos, pretende ser el futuro en la estandarización de los buses de campo. El WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) es el protocolo más cercano a dicha norma y es sumamente eficiente para una interconexión simple y económica.
- **EN50170/ISA-SP50:** Desarrollado en Alemania por Siemens está implementado bajo el nombre de Profibus y es muy utilizado en automatización.
- **ISO-11898, ISO-115192 CAN (Controller Area Network):** especifica solamente el nivel físico y el nivel de enlace, fue desarrollado en principio

por Bosch y Phillips para reducir cableado en automóviles, este ofrece múltiples soluciones en función del software que el desarrollador cree para un nodo, bajo la forma de High Level Protocol o protocolo de alto nivel. Los protocolos más importantes son:

- o ***CAN Application layer - CAL/CanOpen***: desarrollado por CiA (CAN in Automation).
- o ***DeviceNet***: desarrollado por Allen Bradley y soportada por la ODVA (Open Device Net Association).
- o ***SDS***: Smart Distribution System desarrollado por Honeywell.

2.1. Funcionamiento del CAN

Una de las características principales de este protocolo es que cada mensaje no contiene una dirección de destino ni de partida, por el contrario, todos los nodos son receptores, pero un identificador en la cabecera del mensaje indica a un nodo si es relevante o no para él dicha información. La diferencia entre dirección e identificador parece un tanto arbitraria, pero se hace relevante si consideramos que el identificador es utilizado también como arbitrador de acceso. Para esto se utilizan dos mecanismos, la arbitración de prioridad a nivel de bit y la detección de colisión por acceso múltiple (CSMA/CD). En el bus se define un estado dominante (estado lógico 0) y otro recesivo (estado lógico 1); un estado dominante forzará el estado del bus sobre uno recesivo. De esta forma si dos dispositivos comienzan a transmitir simultáneamente un mensaje, aquel que antes tenga un estado dominante en su identificador, es decir un número mas bajo, forzará su mensaje a nivel de bit frente al otro dispositivo, que al estar también recibiendo interpreta un error y elude la transmisión.

A diferencia de otros procedimientos, de esta forma no hay destrucción de paquetes ni demoras por esperas de turno, lo cual aumenta su eficiencia limitando la velocidad exclusivamente a la capacidad del bus. A estos dos mecanismos hay que añadir la codificación NRZ (Non Return to Zero) asegurando mensajes compactos con alta inmunidad al ruido.

Bajo el punto de vista físico, el bus está formado por un par trenzado, apantallado ó no, y los circuitos de interfase con él deben garantizar el funcionamiento incluso si existe un corto en alguno de ellos con el potencial de tierra o de alimentación o en el caso de que exista una discontinuidad en uno de los hilos. Para cumplir la norma ISO-11898, los dispositivos deben ser capaces de trabajar a 1 Mbit/seg para distancias de hasta 40 metros para luego descender linealmente hasta 125 Kbits/seg en distancias de hasta 500 metros. El número máximo de nodos esta limitado en la práctica por los *drivers* de los buses, pero suele ser normal un tope de 32, 64 y hasta 100 nodos.

2.1.1. Formato de los mensajes CAN

Para iniciar el estudio de como están formados los mensajes debemos definir primero la existencia de dos versiones del protocolo CAN: la estándar (2.0A) y la extendida (2.0B), ésta última versión surge como la necesidad de mayores prestaciones en la funcionalidad de nodos sobre una red de control. La diferencia esencial se refiere a que en la versión estándar (2.0A) se utilizan identificadores de 11 bits, mientras que la extendida (2.0B) utiliza identificadores de 11 y 29 bits. Los controladores diseñados para la 2.0A solo pueden manejar mensajes estandar, mientras que los diseñados para la 2.0B pueden manejar ambos formatos.

La trama de un mensaje CAN de 2.0A contiene los siguientes campos:

- **Start Of Frame (SOF)**: comienzo de trama.
- **Arbitration Field**: campo de 12 bits compuesto por el identificador del mensaje y un bit especial, el Remote Transmisi3n Request (RTR): este bit es utilizado para diferenciar una trama de datos y una trama de solicitud de datos.
- **Control Field**: campo de control de 6 bits, conteniendo dos bits dominantes (R0 y R1) reservados para uso futuro y cuatro bits que definen la longitud del campo de datos (DLC) hasta un m3ximo de 8 bytes.
- **Data Field**: campo de datos de 0 a 8 bytes.
- **CRC**: compuesto por un checksum de 15 bits y un bit final recesivo.
- **ACK**: compuesto por dos bits, el primero es el Slot Bit, que se transmite como recesivo, pero es forzado a dominante por cualquier nodo que reciba el mensaje. El segundo es el un bit recesivo utilizado como delimitador.
- **End Of Frame**: fin de trama, consistente en 7 bits recesivos.
- **IN Termision Field**: son tres bits recesivos a modo de tierra de nadie, tras los cuales el bus se considera libre.

La trama de un mensaje 2.0B se considera una extensi3n del 2.0A con las siguientes diferencias:

- El identificador es de 29 bits, conteniendo dos sub-campos, el campo de arbitraci3n que por compatibilidad es de 11 bits, y el de extensi3n, de 18 bits.
- Aparece un bit de identificador de extensi3n (IDE) que discrimina ambos formatos.
- En el campo de arbitraci3n se a3ade un bit denominado Substitute Remote Request (SRR) que se transmite como recesivo para asegurar

que en caso de arbitración entre un mensaje estándar y uno extendido, con el mismo identificador, tenga prioridad el estándar.

La aparición del formato extendido, da lugar a dos tipos de controladores de la versión 2.0B, aquellos que emiten un error al recibir mensajes en formato extendido y aquellos que reconocerán la recepción del mensaje pero simplemente los ignoran. A estos últimos se les denomina 2.0B pasivos, y pueden coexistir con controladores 2.0A en el mismo bus.

2.1.2. Implementaciones de los lazos CAN

Los dispositivos CAN normalmente puede identificarse en términos de un simple circuito integrado, están generalmente formados por dos bloques, uno de ellos es el controlador del protocolo propiamente dicho y el segundo es una memoria buffer separada en dos segmentos, uno de control y otro de datos a los que accede normalmente un microcontrolador. En el segmento de control el microcontrolador escribe comandos y lee registros de estado y en el de datos obtiene el contenido del mensaje. El tipo de buffer empleado da lugar a dos implementaciones diferentes.

En la primera, el *Basic CAN*, el dispositivo suele tener un buffer doble de recepción y uno de transmisión así como registros de máscara que permiten filtrar identificadores en el rango de los 8 bits más significativos, tras lo cual, se interrumpe al microcontrolador asociado, que debe dejar otras tareas para gestionar la llegada de cada mensaje.

En la segunda, los dispositivos *Full CAN*, tienen capacidad para gestionar varios objetos CAN y otras funciones adicionales como por ejemplo filtrado de

mensajes, liberando la carga sobre el microcontrolador. Los objetos CAN están compuestos por un identificador, la longitud de los datos y los datos en sí; los circuitos que soportan *Full CAN* intercambian la información con el microcontrolador a través de una RAM y un canal serial de datos.

Existe una tercera solución, los *SLIO*, son circuitos simples que no requieren la intervención de un microcontrolador, pero deben ser administrados por un bus-master. Su evolución es efímera y no parece muy larga su existencia.

2.1.3. El Nivel de Aplicación, los HLP (High Level Protocol)

El protocolo CAN como hasta aquí lo hemos estudiado en función de los niveles físico y de enlace según el Modelo ISO de 7 capas, se ha mostrado como un protocolo estándar, fiable y económico para el intercambio de información entre dispositivos, pero deja abiertos aspectos tan importantes como la asignación de identificadores al criterio de los desarrolladores que lo vayan a utilizar. De esta forma, aparecen varias soluciones para el nivel de Aplicación (denominados HLP) que difieren ampliamente entre sí.

Las principales tareas que debe realizar un HLP son:

- Distribución de identificadores a los mensajes.
- Iniciación de conexiones.
- Mecanismos de intercambio para bloques de datos.
- Gestión del estado de la red.
- Gestión de los "modelos" asignados a los distintos dispositivos, conocidos como perfiles.

Es necesario distinguir dos campos de aplicación diferentes, que han orientado el desarrollo de los HLP: por un lado su utilización en sistemas de

control en vehículos y por otro en aplicaciones industriales, En el primer caso, las dos especificaciones más representativas son *OSEK/VDX*, cuya aplicación se refiere a vehículos convencionales y el *SAE-J1939* para vehículos pesados.

Para aplicaciones industriales, las tres especificaciones más utilizadas son *CANopen*, promovida por CiA (CAN in Automation), *DeviceNet* desarrollado por Allen-Bradley y gestionado por la ODVA y el *SDS* (Smart Distribution System), desarrollado por Honeywell. El primero es de amplia aceptación en Europa, mientras que los otros dos lo son en EE.UU.

2.2. Generalidades sobre el estándar ISO-11898

El estándar ISO-11898 es el utilizado en este proyecto para realizar la comunicación entre el panel principal y cada uno de los nodos que conforman el sistema de detección de incendios. Su formulación inicial se basa en la regulación de un protocolo serial para vehículos, sin embargo su considerable capacidad de ampliación, seguridad y robustez lo han convertido en un estándar que está siendo adoptado por la mayoría de los desarrolladores de sistemas de control distribuidos.

A continuación estudiaremos los puntos más importantes de este protocolo, como lo son: señalización, conectividad y capacidad de transmisión.

Según el estándar ISO-11898 y su variante ISO-115192 el bus de campo está conformado por un conjunto de nodos conectados a través de un canal común de dos hilos con terminaciones de 120 ohms. (figura 3)

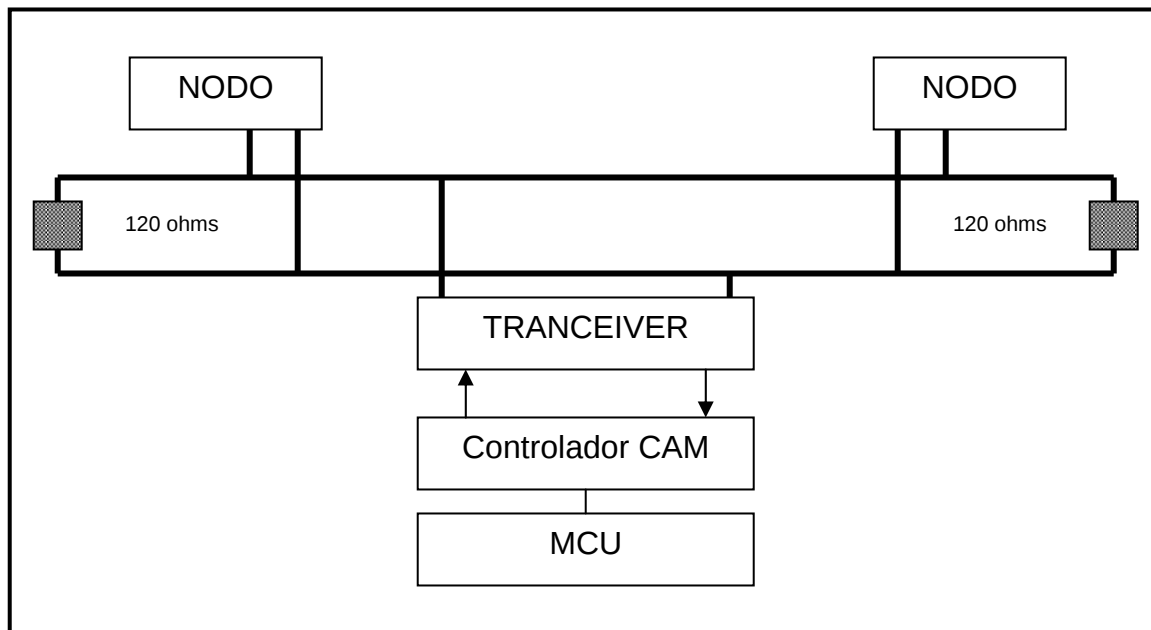


Figura 3: Topología del Bus CAN

Los niveles de señalización están compuestos por dos estados: recesivo y dominante. La figura 4 muestra estos estados con sus valores nominales de tensión. Dos parámetros muy importantes definidos por el estándar ISO-11898 se refieren a la capacidad de cualquier nodo de manejar voltajes transitorios sobre el bus entre -150 Vdc hasta $+100\text{ Vdc}$ así como con la capacidad de manejar un corto circuito sobre el bus o conexiones entre cualquiera de los hilos del bus y un potencial externo de entre -3Vdc hasta $+32\text{ Vdc}$.

En relación con los conectores y cableado el ISO-11898 no posee ninguna especificación, solo establece que estos deberán garantizar y tener certificación necesaria para cumplir con los niveles de señalización establecidos, garantizando una velocidad de bus de 1 Mbits/seg para 40 metros y una linealidad en la disminución de la velocidad de datos hasta 125 Kbits/seg para 500 metros.

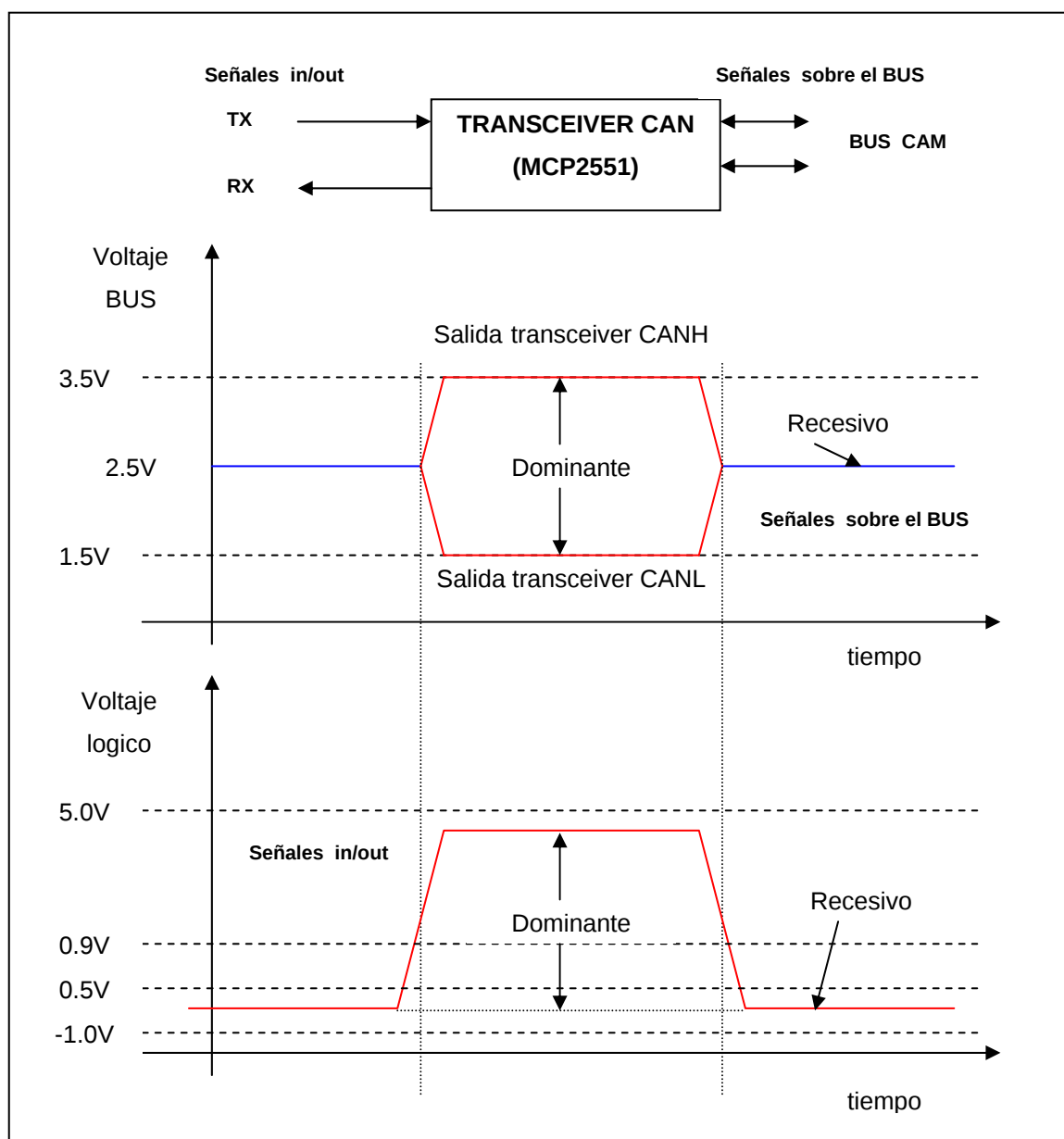


Figura 4: Señalizaciones sobre el bus CAN y sobre el transceiver CAN

Como en todo sistema real, el estándar ISO-11898 considera los problemas de propagación de señales debido al bus, (cableado) así como los tiempos de propagación inherentes a los procesos electrónicos dentro de los transceiver. Para esto se crean técnicas no destructivas (perdidas de paquetes de datos debido a colisiones) de negociación entre nodos, así como la definición de tiempos de bit compuestos por diferentes segmentos que garanticen una interpretación correcta de los datos por cada uno de los nodos. La figura 5 muestra cada uno de los segmentos involucrados dentro de cada tiempo de bit.

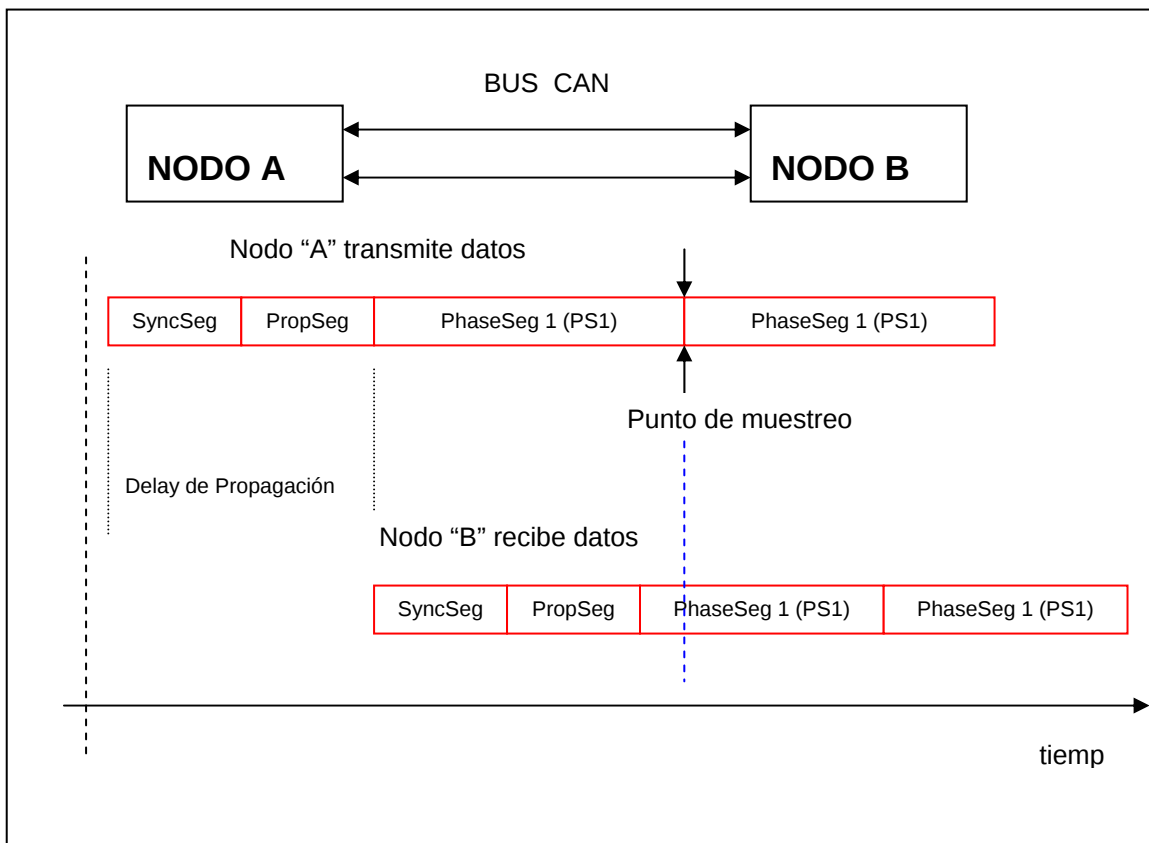


Figura 5: Delay de propagación sobre el bus CAN

3. Análisis del hardware desarrollado

El sistema desarrollado está compuesto por dos módulos, el panel principal de control y el nodo básico de control. En los siguientes párrafos analizaremos el funcionamiento de estos dos sistemas, para simplificar su estudio cada uno de ellos lo hemos dividido en múltiples secciones.

3.1. Panel principal contra incendios

El panel desarrollado está formado por un conjunto de procesadores y elementos electrónicos que permiten mantener en un total de 8 lazos una capacidad instalada de 512 nodos tanto del tipo entrada como del tipo salida.

Como elemento innovador, se ha creado un sistema que permite manejar diferentes niveles de alarma, es decir que cada uno de los nodos conectados posee un parámetro llamado “nivel de alarma”, este parámetro determinará al momento de alarmarse un nodo cuales dispositivos de salida, sean difusores de sonido o actuadores serán activados. La condición de alarma general esta asignada al nivel principal o nivel 1, la condición de alarma sectorial están asignadas a los niveles 2 hasta 64.

La mayoría de los paneles existentes en el mercado solo poseen la capacidad de manejar dos señales de alarma general independiente, esto en algunas ocasiones limita la posibilidad de brindar niveles de seguridad necesarios para controlar edificaciones con múltiples áreas.

El formato de enlace utilizado para establecer el intercambio de datos entre el panel y los nodos es el conocido con el nombre de “Controller Area Network” CAN bajo las especificaciones de la versión 2.0A. Las características eléctricas y de señalización están basadas en el estándar de capa física ISO-11898 con una velocidad de 4 Kbits/seg.

En relación con el nivel de aplicación HLP (High Level Protocol) no se utilizó uno existente, sino que se creó un formato de intercambio de datos basado en paquetes de 8 bytes, ciertos bytes definen la función que tendrá la información intercambiada entre los nodos.

La plataforma de procesamiento sobre el panel principal está formada por tres procesadores del tipo RISC operando a 20 Mhz cada uno, configurados en un esquema maestro múltiples esclavos. Esta configuración permite la distribución de tareas tales como interfase con usuarios, interfase con nodos y procesamiento de señales externas de una manera sistemática y eficiente. Esta configuración permite al procesador maestro obtener un mayor rendimiento y velocidad sobre el proceso principal de control, es decir la interrogación y interpretación de los datos enviados por los nodos.

El bloque de control está compuesto por tres microcontroladores de nivel medio y capacidad de 8 bits de procesamiento del fabricante Microchip, líder en el ramo de los procesadores de un octeto de datos, la familia utilizada es la conocida como PIC18F4XX, última generación de esta casa, en donde un integrado de silicio de 40 pines conjuga una serie de módulos que le brindan al IC la capacidad de ejecutar tareas muy complejas, estos procesadores son del tipo RISC, en donde un reducido set de instrucciones y un tiempo de ejecución por instrucción de 4 ciclos de máquina permiten al sistema realizar 10 millones de instrucciones por segundo cuando operan a su máxima capacidad de 40 Mhz.

Estos dispositivos poseen diferentes módulos para realizar múltiples operaciones: módulos de comunicación síncrona y asíncrona, para diferentes tipos de estándares, SPI, I2C, RS-232 (conformación de protocolos); módulos para la temporización de eventos, en diferentes formatos: captura y comparación; módulos para adecuación de señales, conversores analógico - digital y generadores de PWM.

Los tres procesadores instalados se encuentran en una red de intercambio de datos seriales utilizando el protocolo síncrono conocido como “3-Wire SPI”, el formato utilizado es Modo 3 con selector de esclavo, es decir que el maestro selecciona a través de una señalización a cual procesador se le envían – reciben datos. La comunicación es del tipo full-duplex regida por una señal de sincronización generada por el maestro, la velocidad de intercambio de datos está fijada en aproximadamente 78 Kb/seg.

La funcionalidad de cada uno de los microcontroladores dentro del proceso general es la siguiente:

Procesador Maestro U1: controla el proceso general sobre el panel contra incendios, supervisando y adquiriendo datos desde los nodos conectados a los lazos, estos datos son otorgados al usuario a través de dos vías, por medio de un interfase directo teclado – display o por medio de una canal serial de 2400 bits/seg (RS232-V.28). La información procesada por los nodos será interpretada por este procesador de dos maneras, estado de avería o condición de alarma.

Procesador Esclavo U6: tiene como finalidad ejecutar las operaciones necesarias para realizar la interfase con el usuario, mostrando por pantalla los datos del proceso y reconociendo las teclas presionadas.

Procesador Esclavo U10: tiene como finalidad manejar los procesos relacionados con las fuentes de alimentación, primaria y secundaria (batería y cargador), así como la interacción con los relees que conforman al panel, relees tanto para implementar las funciones auxiliares locales como los habilitadores de tensión de los lazos CAN.

3.1.1. Bloque de control principal, procesador Maestro U1 (diagrama esquemático 1.1)

Está conformado por el microcontrolador U1, el cual maneja el proceso principal de interactuar con los lazos CAN, para ello, diferentes subprocesos son ejecutados: temporización en tiempo real, manejo del banco de memoria, interfase externa RS-232 V.28 e interfase con los procesadores esclavos.

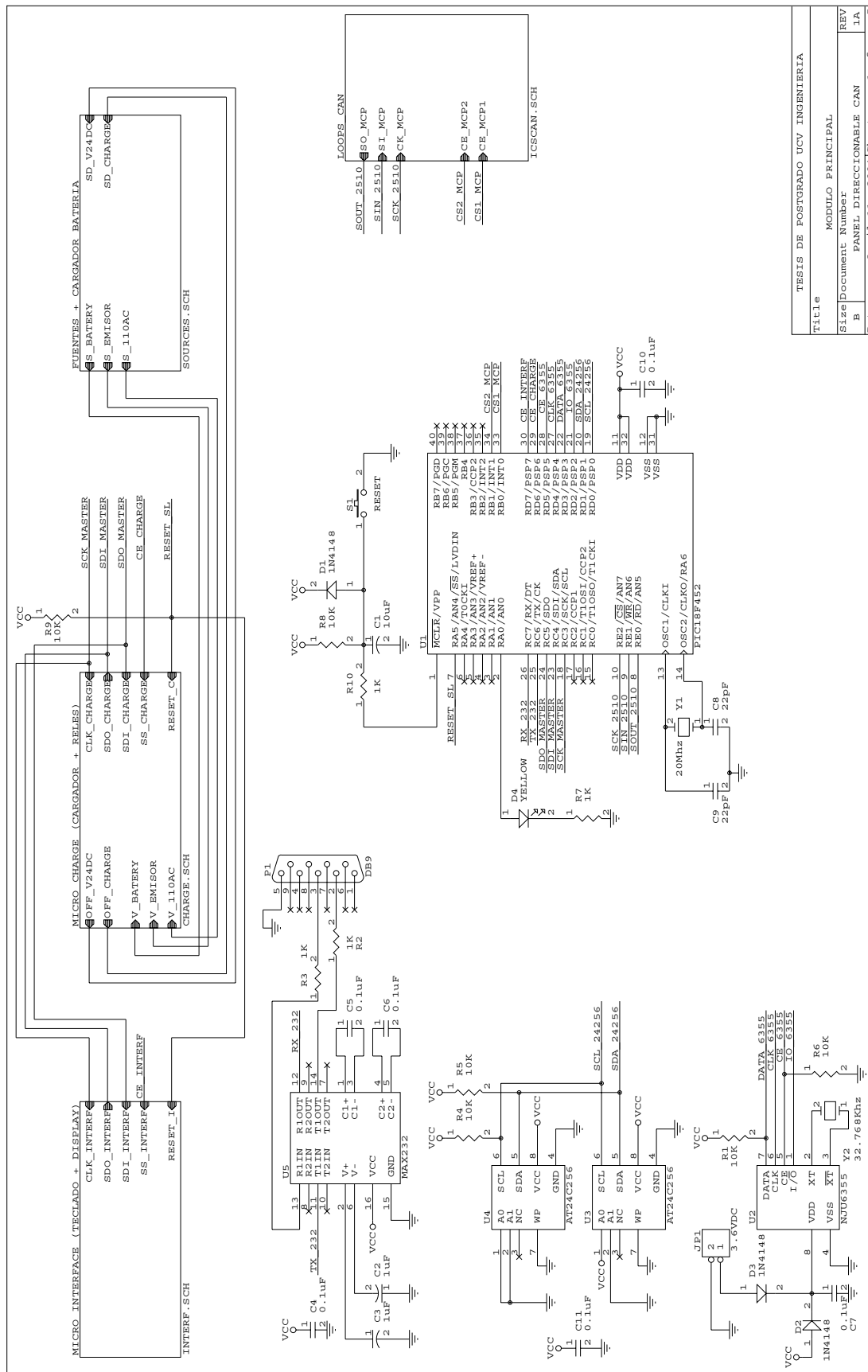
La creación de un sistema con tiempo real, se realiza a través de un circuito integrado de la casa JRC, modelo NJU-6355 (U2), es un contador del tipo PLD diseñado para ejecutar la función de temporizar horas, minutos, segundos, días, meses y años, a partir de un reloj base de 32,768 Khz. Los datos son entregados al procesador principal a través de un protocolo serial del tipo “3 Wire –SPI” modo 3 con selector de esclavo, la comunicación es half-duplex sincronizada por un reloj generado por el maestro de aproximadamente 50 Kb/seg.

Los procesos realizados por el panel se basan en datos almacenados en un banco de memoria del tipo EEPROM, estos datos están formados por descripción de los nodos, almacenamiento de eventos así como información para procesos de verificación de niveles de seguridad. Este banco de memoria esta formado por dos circuitos integrados de ATMEL, modelo 24C256 (U3, U4), la capacidad de cada uno de estos IC es de 256 Mbits otorgándole al sistema un total de 64 Kbytes de almacenamiento del tipo no volátil.

El intercambio de datos entre el procesador maestro y el banco de memoria se realiza a través de un protocolo serial sincrónico half-duplex del tipo “2 Wire I²C” con una velocidad de sincronización de 100 Mbits/seg.

Todos los procesos que realiza el panel en función de interrogar y procesar datos de los nodos son transmitidos en tiempo real a cualquier dispositivo externo a través de un canal serial asíncrono full- duplex de 2400 bits/seg, para

Diagrama esquemático 1.1: Panel de Control, Bloque de control principal



estandarizar este canal de datos, utilizamos un integrado de la casa MAXIM, MAX232 (U5) y un conector físico DB9M (P1), permitiendo ofrecer un bus serial estándar RS-232 – V.28.

3.1.2. Bloque de Interfase (diagrama esquemático 1.2)

Este bloque está formado por el procesador esclavo U5 y una serie de dispositivos del tipo entrada - salida.

Los datos del proceso se ofrecen al usuario a través de un módulo LCD de 40 caracteres por dos líneas. Este módulo de la casa OPTREX de fabricación estándar esta basado en una matriz de puntos LCD manejada por un procesador HITACHI HD44780A00, los datos entre el procesador esclavo U5 y el módulo LCD se intercambian a través de un protocolo paralelo de 4 bits de datos, selector de esclavo y doble ejecución de escritura (para formar datos de 8 bits). Los datos son transferidos a razón de 10 Kbytes/seg.

La entrada de datos se realiza a través de un teclado matricial compuesto por 52 teclas, tanto numéricas, alfabéticas y de función. El procesador ejecuta una lectura verificando por cual columna se refleja un pulso negado que éste aplica sobre el grupo de 4 filas que conforman al teclado.

El módulo de interfase posee un indicador audible para la indicación de una tecla adquirida correctamente. Está formado por un elemento piezo - eléctrico manejado directamente por el procesador a través de un elemento de corte saturación (Q2 y BZ1).

Diagrama esquemático 1.2: Panel de Control, Bloque de interfase



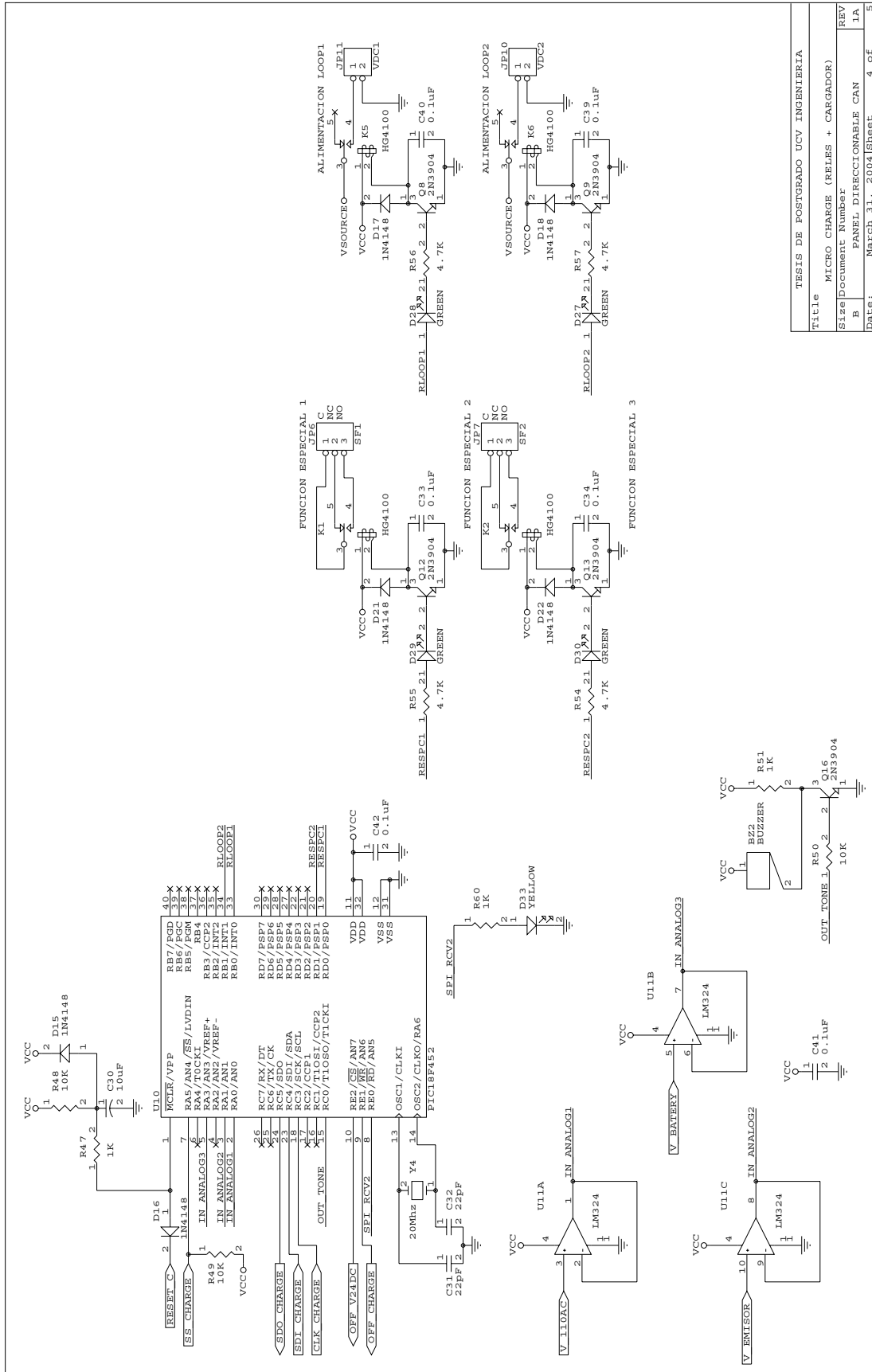
3.1.3. Bloque para el control de carga y señalizaciones externas (diagrama esquemático 1.3)

Este bloque está constituido por el microcontrolador U10, tiene como función controlar al módulo de alimentación eléctrica así como la activación de cada uno de los reles que conforman el panel principal.

El control de la fuente de alimentación eléctrica se realiza a través del muestreo de tres señales importantes, dos para el módulo encargado de la carga del banco de baterías y una tercera para el control de la línea de alimentación eléctrica de 110Vac. Para realizar esta función el procesador tiene habilitado su módulo de conversión analógico - digital, éste está configurado en un formato de 10 bits, con 3 entradas analógicas habilitadas utilizando como voltaje de referencia la tensión de alimentación del microcontrolador, y un tiempo de conversión de 3.2 uSeg. luego de transcurridos los requerimientos de tiempo de adquisición.

Como elemento de protección para las entradas digitales se ha colocado tres seguidores de voltaje (amplificador operacional U11) alimentados a una tensión de 5 voltios, esto nos garantiza no exceder nunca una máxima para cada una de las entradas del microcontrolador de 5 Voltios. En todo modelo de adquisición de datos se debe considerar un módulo "sample and hold" este se encuentra habilitado dentro de microcontrolador, en conjunto con un elemento de conmutación y el cuantizador de muestras, las características y el modelo eléctrico de estos elementos se pueden observar en la información técnica de procesador, sin embargo podemos establecer como característica importante el tiempo de conmutación y adquisición de un canal a una temperatura máxima de 50 grados centígrados y un voltaje de alimentación de 5 voltios es de aproximadamente 12.8 uSeg.

Diagrama esquemático 1.3: Panel de Control, Bloque para el control de carga y señalización



Las señales adquiridas por el módulo de conversión son procesadas y convertidas en dos señalizaciones de control sobre los módulos de alimentación del sistema, las dos tensiones provenientes del cargador de baterías (pines RA1 y RA3, U10) son ponderadas para calcular la corriente de carga así como la tensión nominal del banco de celdas. La señal adquirida a través del pin RA0 (U10) está relacionada con el voltaje de alimentación de 110 Vac y le permite al procesador determinar las condiciones de la red eléctrica local y determinar su ausencia o deficiencia para ser reportada como avería de línea y activar el funcionamiento del panel por medio del banco de baterías. Las tensiones nominales de este proceso serán analizadas en el estudio del modulo de alimentación.

El panel de control posee la capacidad para manejar hasta 8 lazos del tipo CAN (pines del puerto B, U10), -dos lazos para el caso del prototipo, esquemáticos anexados a este informe-, los voltajes para alimentar a cada uno de estos lazos son activados a través de una serie de reles en configuración SPST y tensión de bobina 5 voltios, las características de estos dispositivos les permiten manejar una corriente sobre su contacto de 1 amperio a un voltaje de 24 Vdc. La activación de estos lazos la realiza el procesador U10 previa autorización despachada vía serial por el procesador maestro U1.

Como establece la norma todo panel debe poseer al menos una función auxiliar local [COVENIN 1041-1999], el sistema desarrollado tiene la capacidad de brindar 8 funciones auxiliares locales (se han activado dos funciones especiales para el caso del prototipo), la activación de éstas está condicionado al nivel de alarma que se active en un momento dado, teniéndose como funcionamiento la siguiente estructura, nivel de alarma general (nivel 1), asignado a la función auxiliar SF1 (conector JP6), los progresivos niveles desde el 2 hasta el 8 están asignados a las funciones auxiliares SF2, SF3, SF4, etc.

Estas funciones auxiliares están formadas por reles del tipo DPST aislados eléctricamente de los circuitos del panel con las siguientes características: 1 Amp. @ 24Vdc ó 1.5 Amp. @ 240 Vac.

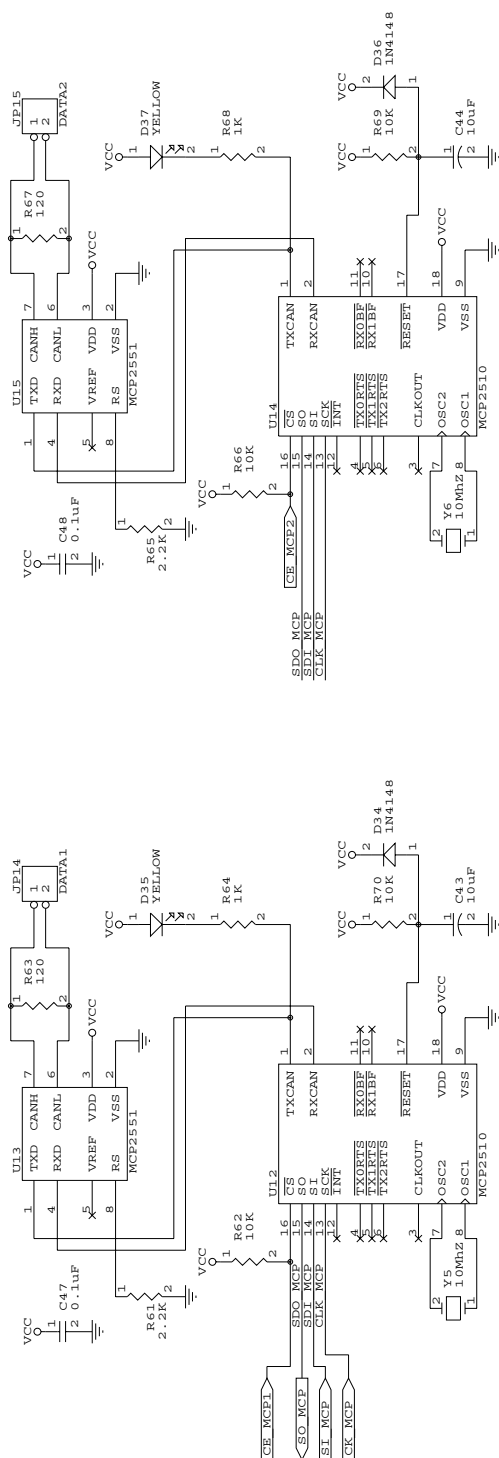
3.1.4. Módulo de Interfase CAN (diagrama esquemático 1.4)

La implementación de los lazos CAN se realiza a través de integrados especializados del fabricante Microchip, las dos capas más bajas del modelo ISO son generadas a través de un procesador FULL CAN MCP2510 (U12) capaz de soportar los modos CAN 1.0A, 2.0A y 2.0B pasivo - activo, y un Tranceiver CAN MCP2551 (U13) bajo estándar ISO-11898 para un máximo de 1 Mbps y 112 nodos.

La cantidad de nodos sobre un mismo lazo se estableció en un máximo de 64 dispositivos, con una resistencia de lazo de 120 Ohms y una velocidad de transmisión de 4 Kbps.

La elección de estos dos parámetros se basa en las siguientes consideraciones: Las deficiencias en los sistemas de canalización dedicados a los equipos contra incendios, utilización de cable no apantallado del tipo TF 105 grados centígrados y deficiencia en las proyecciones de estos sistemas no brinda un adecuado canal de datos que permitan explotar los beneficios y rendimiento del protocolo CAN, sin embargo con los topes seleccionados podemos tener un sistema con capacidad máxima de 512 nodos, la velocidad de transferencia en conjunto con una técnica optimizada de interrogación de nodos nos garantiza un periodo total de interrogación de 512 segundos, igualmente la capacidad del CAN de permitir a cualquier nodo enviar datos en un momento dado produce un sistema con un tiempo de respuesta frente a una condición de alarma de aproximadamente 1.2 segundos.

Diagrama esquemático 1.4: Panel de Control, Bloque de interfase CAN



TESIS POSTGRADO UCV INGENIERIA		
Title		
INTERFACE CAN		
Size	Document Number	REV
B	PANEL DIRECCIONABLE CAN	1A
Date:	April 1, 2004	Sheet 5 of 5

La selección del tiempo y formato de muestreo de los datos seriales se basa en la elección de varios parámetros: retardo (delay) de línea y tiempo y lugar de muestreo de la data, estos determinan la configuración de velocidad del procesador CAM MCP2510, en el anexo 13 se observan los valores cargados en cada uno de los circuitos integrados MCP2510 para lograr una velocidad de transferencia de 4 Kbps. Las formulas para la obtención de estos valores se pueden observar en la información técnica ofrecida por el fabricante del dispositivo MCP2510 y fue la utilizada para generar los resultados mostrados en este anexo. Si embargo podemos mencionar un sistema con un "Time Quanta" Tq de 10 uSeg, una constante de propagación de 80 uSeg para compensar retardos en el cableado de los lazos, un par de segmentos de optimización de muestreo de 80 uSeg cada uno, un tiempo de sincronización de 10 uSeg con un sistema que muestrea cada bit de datos a un 68% del tiempo de bit (Tbit = 250 uSeg, 4 Kbps).

En relación con el formato de los datos, se utiliza el de tipo estándar (CAN versión 2.0A), conformado por paquete de 8 bytes de información y un identificador de mensaje de 11 bits, este identificador asignado a cada nodo nos permite establecer la dirección física de cada uno de ellos, desde el 01 hasta el 64.

El procesador MCP2510 es del tipo Full CAN, está formado por tres buffers de transmisión y dos de recepción, en este desarrollo, la transmisión de información se realiza a través del buffer TXB0, con una condición de alta prioridad, con respecto a la recepción de datos, los buffers RXB0 y RXB1 son utilizados para mantener la dirección física única de cada nodo (RXB0) así como una dirección general asignada a todos los nodos (RXB1), esta última para que el panel principal envíe datos comunes a todos los nodos.

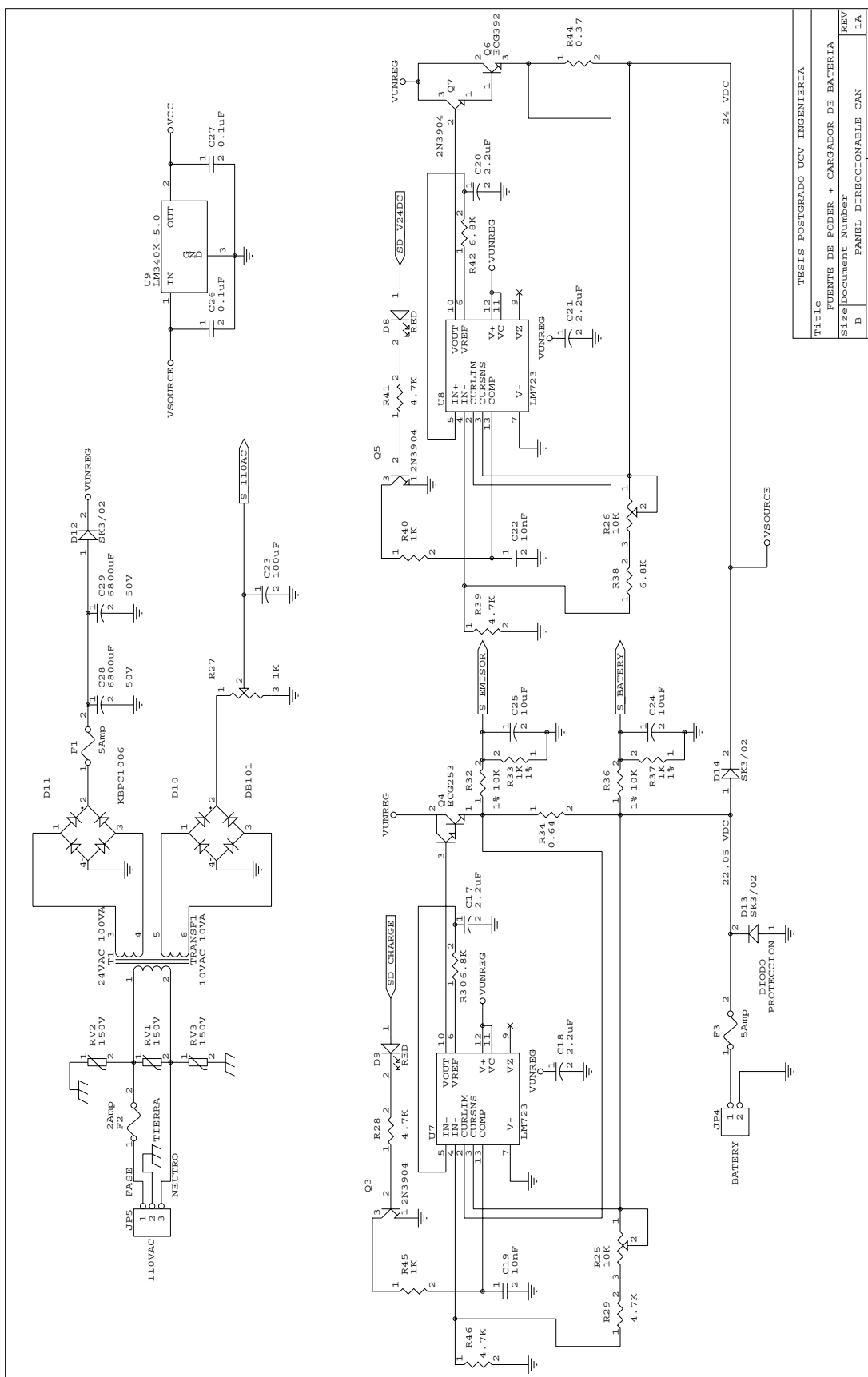
3.1.5. Bloque de fuentes de alimentación (diagrama esquemático 1.5)

La fuente de poder del panel está compuesta, como lo establece la norma, de un sistema múltiple basado en una alimentación desde la red eléctrica local y desde un banco de baterías. En este caso el banco de baterías debe ser un sistema de celdas del tipo plomo - ácido en configuración sellada (batería de gel - ácido) con un potencial nominal de 18 voltios y una capacidad de 7 AmpH, esto para ofrecer una autonomía de aproximadamente 10 horas a una corriente constante de 1.5 Amp.

Comenzaremos por analizar el sistema de alimentación en base a la red eléctrica local. El sistema posee dos niveles de tensión para su operación, una voltaje de 5 Voltios dc para los sistemas digitales y una alimentación de 16 a 24 Voltios dc para los lazos CAN. La red eléctrica local de 110 voltios r.m.s. es convertida a un potencial de 22 voltios r.m.s. y 8 voltios r.m.s. respectivamente a través de un transformador de dos bobinas secundarias de capacidad 120 Voltio - Amper, la salida de 22 voltios r.m.s. es utilizada para procesos de alimentación, mientras que la de 8 voltios r.m.s. para verificación del estado de la red eléctrica por medio de un muestreo digital por parte del procesador esclavo U10.

La tensión de 22 voltios r.m.s. es rectificada y filtrada a través de un sistema onda completa para producir un potencial sin regulación de aproximadamente 30 voltios dc y 260 mVoltios de voltaje de rizo @ 1.5 amp. El puente rectificador D11 está dimensionado para soportar una corriente instantánea de carga del banco de capacitores (C28, C29) de 15 amp. La regulación se realiza a través de un sistema compuesto por un voltaje referencial, una configuración no inversora con compensación de voltaje base-emisor y regulador de corriente de salida, todo esto integrado en un circuito LM723. La tensión regulada está fijada en 24 voltios dc por medio del potenciómetro R26 el cual en conjunción con R38 y R39 establecen un factor de amplificación no inversora sobre el sistema, la tensión referencial proporcionada por cada LM723 varía de un IC a otro, sin embargo el fabricante garantiza que está por el orden de 6.8 a 7.5 voltios para la serie LM723C

Diagrama esquemático 1.5: Panel de Control, Bloque de alimentación



(encapsulado tipo DIP), esta fuente primaria de alimentación está limitada a una corriente de salida de 1.75 amp, esto se logra a través de R44 (0.37 ohms) la cual produce una tensión de aproximadamente 0.64 Voltios sobre el circuito de Shut-Down del integrado (señales “current limit” y “current sense”), el factor de regulación del sistema está por el orden de 0.5% del voltaje de salida nominal para una carga de 1.5 amp. Esta fuente de poder tiene como elemento adicional un habilitador a través de transistor Q5, el cual le permite al procesador esclavo U10 apagarla en caso de que éste verifique una ausencia o falla de la red eléctrica y comenzar a operar el panel por medio del banco de baterías.

El sistema de alimentación secundario está formado por un grupo de celdas del tipo plomo - ácido conectadas a un cargador de corriente controlada, para lograr este efecto se utilizó un regulador integrado del tipo LM723 con una corriente límite de 1 amp, (R34, 0.64 Ohms), La tensión de salida de este sistema está fijada por medio del potenciómetro R25 a un valor de 22.05 voltios.

El panel estará alimentado por tres baterías de plomo del tipo gel ácido de voltaje nominal 6 voltios y 7 AmpH, El fabricante de estas baterías recomienda un voltaje de carga de 7.15 a 7.45 voltios con una corriente inicial de carga que no exceda 1.75 amp.

El sistema desarrollado se basa en una tensión de carga de 7.35 voltios por batería (22.05 Voltios dc para las tres baterías en una configuración tipo serie) y una corriente inicial de 1 amp.

El proceso de carga se fundamenta en ciclos repetidos de inyección de corriente y de colocación de las celdas en un estado de reposo, estos ciclos son controlados por el procesador esclavo U10 el cual tiene acceso a través de sus canales analógicos al valor nominal de corriente inyectada al grupo de baterías, mediante el muestreo de los voltajes sobre ambos puntos de R34. Cuando la corriente de carga pasa por debajo de 50 mA se considera un ciclo completo de carga y el procesador apaga la fuente de 22.05 Voltios dc a través de la saturación

del transistor Q3, en ese momento las baterías comienzan un ciclo natural de descarga debido a pérdidas internas, en el momento de alcanzar una tensión de 19.8 voltios el procesador detecta este umbral y activa al LM723 (U7) para iniciar un nuevo ciclo de carga. Esto nos permite tener un sistema eficiente para mantener al banco de baterías en condiciones óptimas de operación.

3.2. Nodo Básico

Para optimizar el proceso de desarrollo del sistema se ha creado un nodo básico el cual a partir de los sistemas que se agregan puede convertirse en cualquiera de las siete variantes tratadas en este proyecto:

- **Nodos del tipo Entrada**
 - Detector termo - velocimétrico de calor.
 - Detector iónico de humo.
 - Estación manual simple.
 - Dispositivo de entrada digital.
 - Sensor de flujo.
- **Nodos del tipo Salida**
 - Difusor de sonido.
 - Dispositivo de salida digital.

3.2.1. Bloque de control e interfase CAN (diagramas esquemáticos 2.1 y 2.2)

El nodo básico está controlado por un procesador de PIC16F876 del fabricante Microchip. Aunque posee las mismas características operacionales de la familia PIC18F4XX utilizada para el panel principal, es un procesador con un set de instrucciones más limitado y un formato de memoria y puntero de programa totalmente diferentes a la serie PIC18, colocándolo en una categoría de bajo nivel.

Diagrama esquemático 2.1: Nodo Básico, Bloque de control

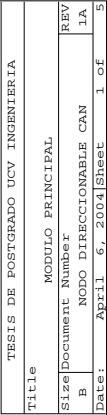
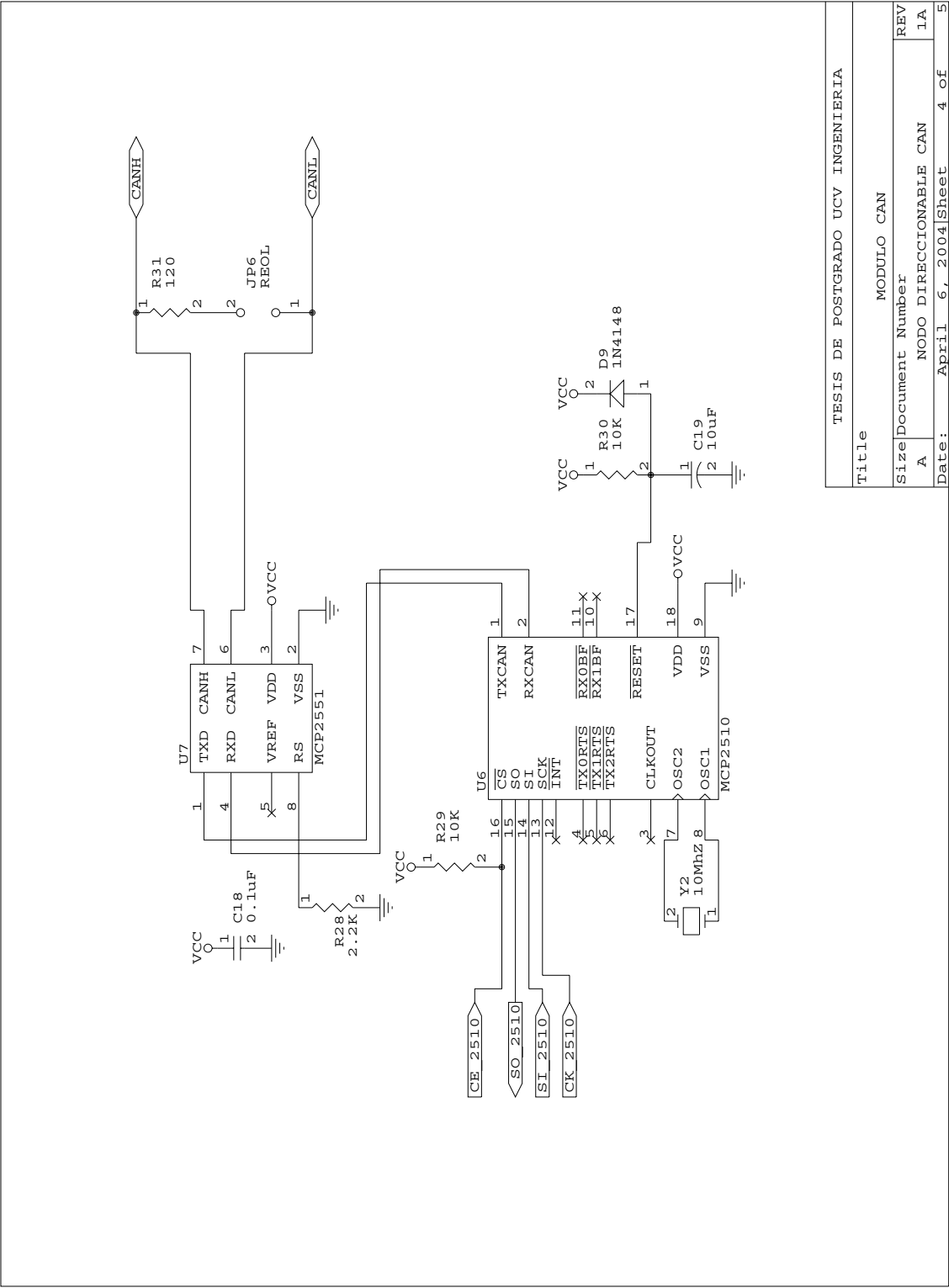


Diagrama esquemático 2.2: Nodo Básico, Interface CAN



TESIS DE POSTGRADO UCV INGENIERIA		
Title		
MODULO CAN		
Size	Document Number	REV
A	NODO DIRECCIONABLE CAN	1A
Date:	April 6, 2004	Sheet 4 of 5

En el sistema desarrollado el procesador U3 está colocado a una velocidad de 20 Mhz conectado con un dispositivo tipo DIP-SW que permite al usuario fijar la dirección física del nodo en un formato binario del tipo BCD entre 01 hasta 64, Las funciones de entrada digital están habilitadas a través de los pines del procesador RA2 y RA5, las configuraciones seguidora e inversora conformadas por los transistores Q1 y Q2 permiten habilitar entradas digitales en formatos de normalmente abierto y normalmente cerrado.

La función de salida digital se realiza a través de un relé tipo reed (K1) operado directamente por el procesador de nodo U3. Esto le brinda al sistema la posibilidad de manejar señales eléctricas en el orden de 100 mA @ 120 Vac o 250 mA @ 24 Vdc.

La alimentación del nodo se realiza a partir de la regulación a 5 y 12 Voltios dc de la tensión suministrada por el panel principal de control, la cual puede variar desde 16 hasta un tope de 24 voltios dc. Esta regulación se logra con dos dispositivos de la línea LM7805 y LM7812 (U1 y U2), la tensión de 5 voltios dc es utilizada para los procesos digitales de control mientras que los del tipo analógico utilizan la tensión de 12 voltios o la tensión directa obtenida del lazo.

El intercambio de datos con el panel principal se realiza a través de un procesador FULL CAN MCP2510 (U6) y un transceiver MCP2551 (U7), como característica adicional se tiene la posibilidad de activar o desactivar la resistencia de final de lazo con la manipulación de un interruptor del tipo “jumper” JP6.

3.2.2. Módulo Térmico (diagrama esquemático 2.3)

La función para medir la temperatura y ser procesada de manera termovelocimétrica por el microcontrolador de nodo (circuito integrado U3) se fundamenta en un elemento sensor de calor del tipo semiconductor de la fabrica Nacional Semiconductor, numero de parte LM335

El dispositivo LM335 es un sensor de temperatura el tipo semiconductor cuya operación se basa en el principio de un zener de voltaje de ruptura en directo en función de la temperatura, con una salida lineal expresada por la ecuación $V_{out} = 10 \text{ mV} \cdot \text{Grados Kelvin}$, el utilizado en este desarrollo es la serie LM335AZ con un rango de operación entre -40 a 100 grados centígrados, en encapsulado plástico TO-92, el fabricante National Semiconductor ofrece una serie para aplicaciones robustas conocida como LM135AH que nos permiten operar rangos de mayor temperatura, desde -50 a 150 grados centígrados en un encapsulado TO-46 metálico.

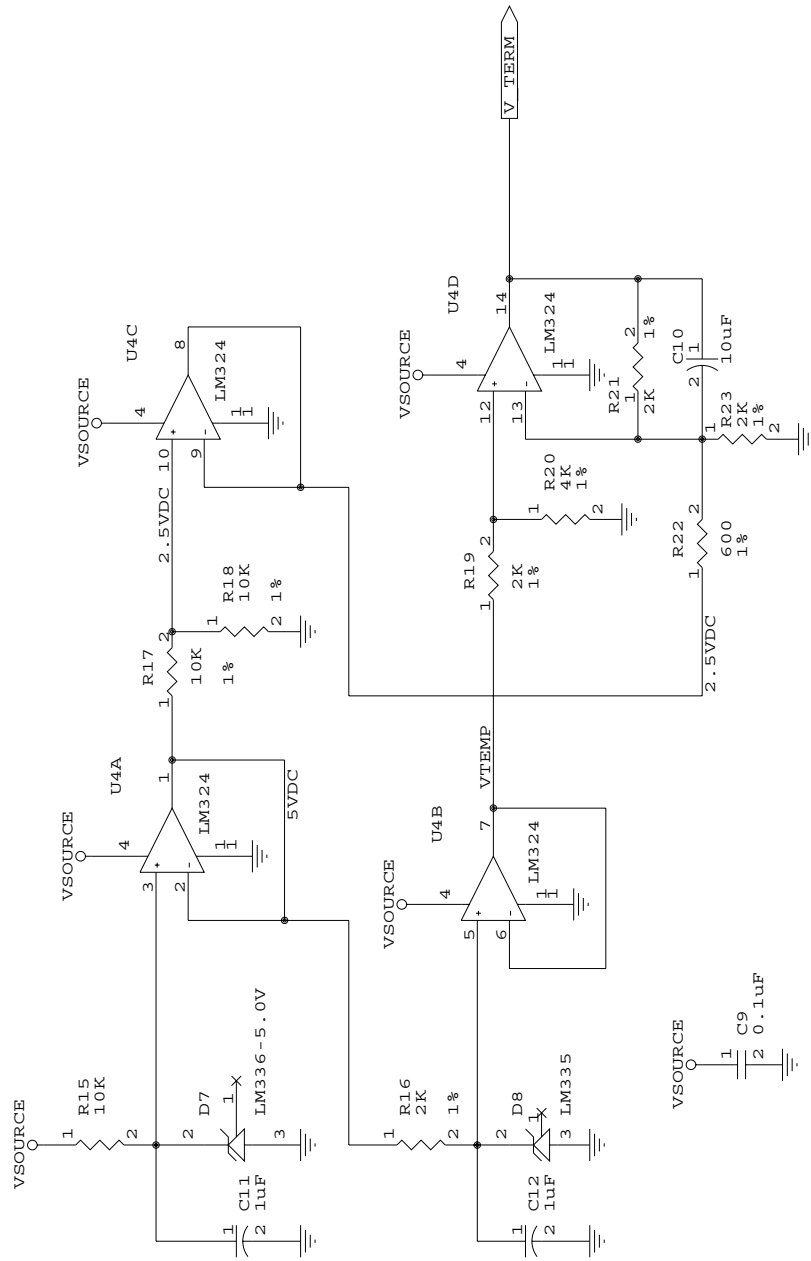
La tensión de salida sobre el sistema sensor se obtiene a partir del potencial V_{out} y tierra del LM335AZ, el fabricante garantiza una linealidad para una rango de corriente entre 400 μA y 5 mA, en nuestro caso la polarización del dispositivo la obtenemos a través de R15 y un potencial de 5 $\pm$ 0.01 voltios dc.

En función de la expresión de salida obtenemos un voltaje sobre el elemento sensor de 2.832 a 3.532 voltios para un rango de temperatura de 10 a 80 grados centígrados, con una ventana de operación de 700 mVoltios.

El sistema de conversión analógico digital está basado en un cuantificador de 10 bits con una tensión referencial de 5 Voltios, esto nos ofrece una resolución de 4.883 mV por paso de conversión.

Para poder utilizar de mejor forma esta resolución, se diseño un sistema adecuador que permite ampliar el rango de salida del elemento sensor a un rango de 1.559 a 4.037 Voltios con una ventana de operación de 2.5 voltios aproximadamente. Este arreglo está constituido por una fuente referencial de 5 $\pm$ 0.01 voltios dc generado a partir de un elemento LM336T-5.0V y un buffer LM324

Diagrama esquemático 2.3: Nodo Básico, Bloque Térmico



TESIS DE POSTGRADO UCV INGENIERIA			
Title			
MODULO TERMICO			
Size	Document Number	REV	
A	NODO DIRECCIONABLE CAN	1A	
Date:	March 22, 2004	Sheet	2 of 5

(UA4), La señal de salida del sensor LM335AZ así como un potencial de 2.5 Voltios DC (red de resistores de precisión R17, R18 y el buffer LM324 U4C) son procesadas a través de una configuración sumadora para producir el rango deseado (arreglo LM324 U4D).

La figura 6 muestra las funciones de transferencia en función de los grados centígrados para las señales de salida del LM335AZ y salida hacia el conversor analógico digital del procesador principal U3, las ecuaciones de este proceso se pueden observar en el anexo 14.

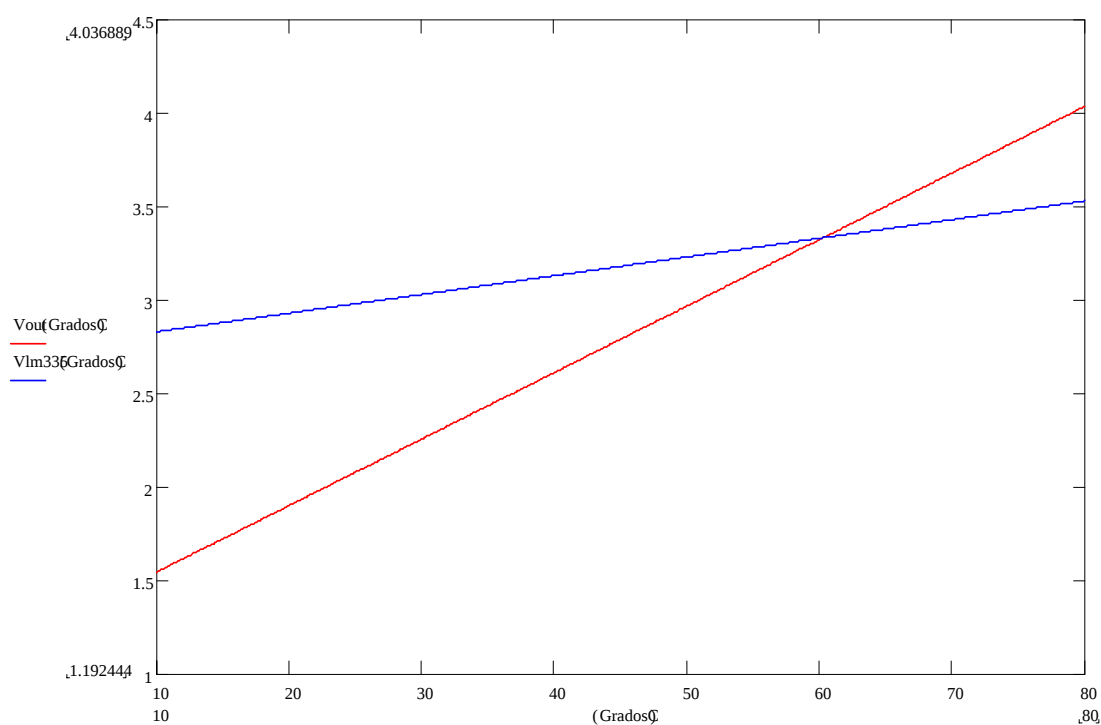
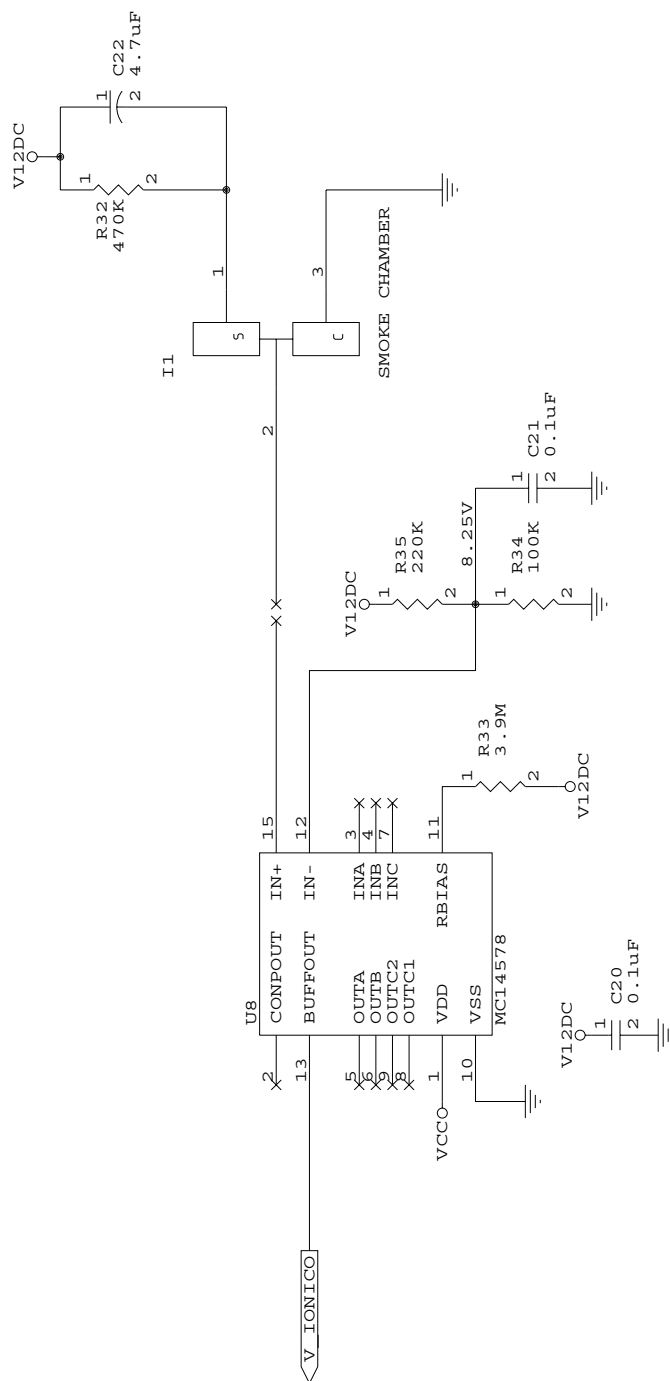


Figura 6. Función de transferencia del modulo para la medición de temperatura (salida LM335, Vout vs. grados centígrados)

3.3.2. Modulo Iónico (diagrama esquemático 2.4)

Para la medición del nivel de saturación de humo se utiliza la técnica de medición por cámara iónica, en donde una corriente de electrones es producida por una fuente radioactiva excitada eléctricamente y medida a través de un

Diagrama esquemático 2.4: Nodo Básico, Bloque Lónico



TESIS POSTGRADO UCV INGENIERIA					
Title					
MODULO IONICO					
	Size	Document Number		REV	
A		NODO DIRECCIONABLE CAN		1A	
Date:	April 11,	2004	Sheet	5 of	5

elemento colector, para este desarrollo se utilizó la cámara iónica del fabricante Nemoto, modelo NIS-09C, la cual está compuesta por una fuente radioactiva de núcleo Americium-241 en una proporción de 33.3KBq, la corriente de salida sobre el colector se encuentra en el orden de 27 ± 3 pAmp para una condición conocida como “aire limpio”.

La corriente de salida del elemento sensor posee valores de corriente extremadamente bajos, esto amerita la necesidad de utilizar técnicas de amplificación muy específicas, es decir, utilizar elementos amplificadores de una elevada impedancia de entrada como lo son los del tipo MOSFET en redes del tipo serie que permitan implementar un amplificador del tipo corriente – voltaje. El fabricante Motorola posee una línea de circuitos integrados para atender las necesidades de procesamiento de señales con estos rangos de corriente, El integrado LM14578 (U8) es un ejemplo muy específico de estos dispositivos, el cual integra en una pastilla de silicio todos los elementos necesarios para amplificar y procesar la señal de salida de la cámara NIS-09C utilizando un mínimo de elementos externos.

Las características eléctricas del LM14578 se pueden observar en los anexos referentes a los componentes eléctricos utilizados, sin embargo podemos mencionar como elementos principales: su corriente de operación de 10uA @ 25 grados centígrados, su rango de operación entre -30 a 70 grados centígrados y sobre todo una corriente de entrada de ± 1 pAmp a través su entrada no inversora

El fabricante Nemoto dentro de las especificaciones eléctricas ofrecidas para su producto NIS-09C recomienda su utilización en conjunción con elementos MC14578 o MC14466, bajo estas condiciones se puede establecer la función de transferencia de salida de la cámara en función del porcentaje de saturación de humo que se observa en la figura 7.

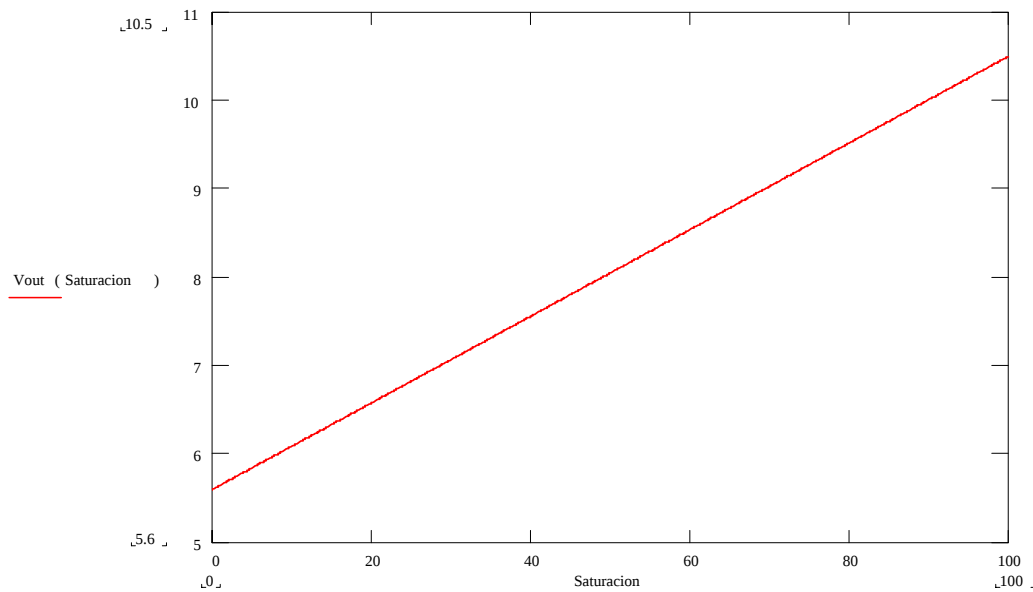


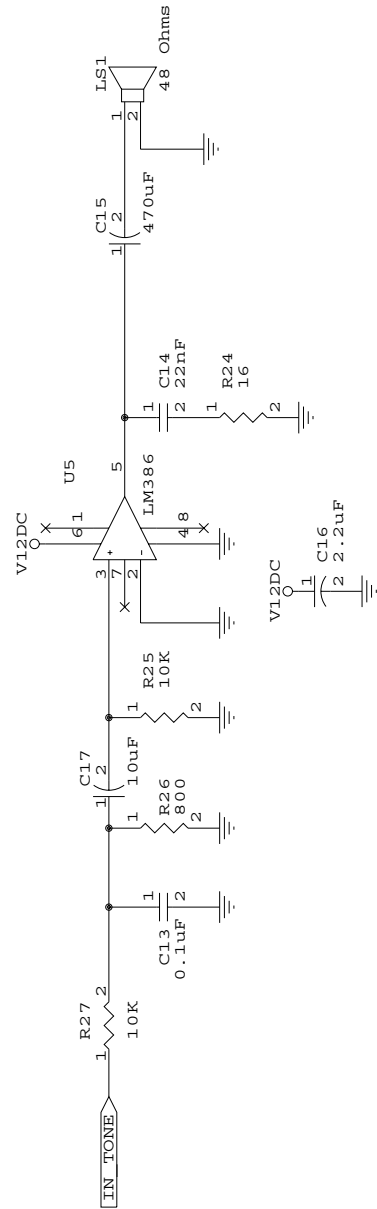
Figura 7. Función de transferencia del conjunto cámara iónica – LM14578P (Vout vs. % de saturación de humo)

Para una condición de “aire limpio” tenemos una tensión de salida sobre el pin buffer - output del LM14578 de 5.6 +/- 0.4 voltios dc; la saturación de la cámara por humo produce un aumento en la corriente iónica generando un voltaje de salida de 10.5 voltios. Esto con una polarización de la cámara a través de R32 de aproximadamente 10 μ Amp.

3.3.3. Módulo de sonido (diagrama esquemático 2.5)

El nodo básico posee la capacidad de manejar dos salidas al momento de ser activada la condición de alarma general o específica por parte del panel, como ya se explica la primera señal activada es del tipo digital por medio de contacto eléctrico (rele K1), la segunda señal de salida está formada por una onda cuadrada con las especificaciones que la norma establece [COVENIN 1041-1999], es decir un tono periódico ascendente de 600 a 1100 Hz con una duración de 2.6 segundos y un tiempo entre ciclos de 0.4 segundos.

Diagrama esquemático 2.5: Nodo Básico, Modulo de Sonido



TESIS DE POSTGRADO UCV INGENIERIA			
Title		MODULO DE AUDIO	
Size	Document	Number	REV
A	NODO DIRECCIONABLE	CAN	1A
Date:	April 6, 2004	Sheet	3 of 5

Esta señal es producida por software a través del pin RC5 del procesador de nodo (U3), por ser una señal digital ésta es filtrada y condicionada para convertirla en un tono aproximado a una señal sinusoidal de nivel DC 2.5 Voltios y factor de distorsión aproximado a 33 % (filtro pasa bajos R27, C13, divisor de tensión R27, R26, filtro pasa altos C17, R25).

La señal de alarma es amplificada a través de un LM386 (U5) y reproducida sobre una corneta de 48 ohms de impedancia dinámica y 3 watts de potencia nominal, a una tensión pico - pico de 10 Voltios DC. Esto nos ofrece una salida nominal de 2 watts por nodo.

4. Estructura de los protocolos desarrollados

El sistema desarrollado está compuesto por dos protocolos bien definidos, uno para establecer el formato de la comunicación bidireccional entre el panel central y los nodos conectados a los lazos CAN y otro para establecer el intercambio de información entre el panel y un elemento externo a través del canal serial RS-232 V.28. A continuación realizaremos un análisis completo de cada uno de estos, estudiando la forma en como están compuestos los paquetes de datos.

4.1. Protocolo HLP-CAN desarrollado

Para generar el nivel de aplicación (capa 3, modelo ISO), se desarrolló un protocolo HLP que permite transmitir todos los datos que intercambian el panel principal con cada uno de los nodos. Este protocolo establece que cada mensaje sobre el bus CAN es del tipo “Standard Data Frame” bajo una versión FULL CAN 2.0A, es decir mensajes con identificadores de 11 bits y campo de datos de 8 bytes. La velocidad está fijada a 4 Kbits/seg, la transmisión de datos se realiza a través del buffer TXB0 de cada procesador CAN (MCP2510) con un nivel de alta prioridad, La recepción puede ocurrir bajo dos condiciones, un *Comando Particular*, en donde el panel envía datos a un nodo, estos se reciben a través de cada uno de los buffers RXB0 de los procesadores CAN, los cuales tendrán cargados en sus registros de filtros la dirección particular de los nodos. El segundo formato de datos es conocido como *Comando General*, se procesa a través de los buffers RXB1 de cada nodo cargado con una dirección común. A continuación observamos las definiciones de direccionamiento sobre el sistema en general.

Para cada uno de los procesadores CAN que conforman al panel principal se definió dos direcciones: una *Dirección de Panel Primaria DPP* con un valor de Hex(0x02F5) para el buffer de recepción RXB0 y una *Dirección de Panel Secundaria DPS* con un valor de Hex(0x03F5); los registros de mascarar de ambos buffers de recepción están deshabilitados (cargados en “1” lógico).

En relación con los nodos, estos están identificados bajo dos esquemas: una *Dirección de Nodo Particular DNP* con un valor en hexadecimal que va desde Hex(0x0001) hasta Hex(0x0040), es decir nodo 01 hasta nodo 64 en formato BCD, esta dirección **DNP** es exclusiva para cada nodo y es procesada a través de los buffers RXB0. La segunda dirección se refiere a una del tipo general, *Dirección de Nodo Secundaria DNS*, con un valor en hexadecimal de Hex(0x07F0), es manejada por el buffer RXB1, y le permite al sistema intercambiar datos entre todos los nodos de una manera general.

El protocolo creado posee un elemento adicional de seguridad, y es la característica que posee cualquier nodo de vigilar la existencia de conexión con el panel, en caso de existir falla de datos hacia este, cada nodo simulará ser el control principal y despachara las instrucciones necesarias para alarmar al resto de nodos sobre su lazo, esta ventaja garantiza despacho de comandos de alarma general sobre un sistema desconectado del control maestro.

Dispositivo	Valor Hexadecimal	Buffer Utilizado	Filtro de Aceptación	Mascara de Aceptación
Panel Principal				
Dirección de Panel Primaria DPP	0x02F5	RXB0	RXF0 (0x02F5)	RXM0 (0xFFFF)
Dirección de Panel Secundaria DPS	0x03F5	RXB1	RXF2 (0x03F5)	RXM1 (0xFFFF)
Nodo				
Dirección de Nodo Primaria DNP(nodo 1)	0x0001	RXB0	RXF0 (0x0001)	RXM0 (0xFFFF)
HASTA				
(nodo 64)	0x0040	RXB0	RXF0 (0x0001)	RXM0 (0xFFFF)
Dirección de Nodo Secundaria DNS	0x07F0	RXB1	RXF2 (0x07F0)	RXM1 (0xFFFF)

Tabla 2. Definición de direcciones para el sistema desarrollado

Los datos intercambiados entre los nodos están formados por paquetes de 8 bytes, la estructura de estos paquetes se fundamenta en la dirección que lleven los datos, si es desde el panel a un nodo o desde un nodo al panel, a continuación analizaremos la conformación de los mensajes sobre el bus CAN.

Mensajes desde el panel a los nodos: estos mensajes están formados por un par de bytes que definen la dirección del dispositivo que envía los datos, (panel Hex(0x02F5)), un byte para definir la función o comando a realizar, un byte para la condición de sensibilidad del nodo, un byte para definir el nivel de alarma a ejecutar, dos bytes de reserva y un final de mensaje que estable el tipo de dispositivo que envía los datos, para el caso del panel es Hex(0x80).

Numero del Byte	Descripción	Valor Hexadecimal
mcp2510_data0	Dirección alta dispositivo que envía los datos	0x02 (panel)
mcp2510_data1	Dirección baja dispositivo que envía los datos	0xF5 (panel)
mcp2510_data2	Comando a ejecutar	ver tipo de comandos
mcp2510_data3	Valor de la sensibilidad	ver tipo de sensibilidad
mcp2510_data4	Nivel de alarma a ejecutar	0x01 hasta 0x40 (64 niveles)
mcp2510_data5	Reservado	0x00
mcp2510_data6	Reservado	0x00
mcp2510_data7	Tipo de dispositivo	0x80 (panel)

Tabla 3: Estructura de los paquetes de datos hacia los nodos

Comando a ejecutar (valor)	Descripción de la Función
0x00	Error
0x10	Panel solicitud transmisión de estado de un nodo
0x30	Panel envía activación de Alarma (encender ambas salidas en el nodo, salida contacto on/off, salida tono de alarma)
0x35	Panel envía apagar señal de tono de alarma
0x40	Panel reconoce estado de alarma enviado por un nodo
0x50	Panel envía comando de reset a todos los nodos del lazo (se utiliza la dirección DNS 0x07F0)

Tabla 4: Definición de comandos

Valor de la Sensibilidad	Descripción de la sensibilidad
0x01	Baja sensibilidad
0x02	Media sensibilidad
0x03	Alta sensibilidad

Tabla 5: Definición del valor de la sensibilidad

Mensajes desde los nodos al panel: estos mensajes están formados por un par de bytes que definen la dirección del nodo que envía los datos, un byte que define el estado del nodo (alarmado o averiado), cuatro bytes para enviar los valores en hexadecimal tanto de los canales de conversión (canales analógicos) así como los canales de entrada digital. La trama finaliza con un byte que define el tipo de dispositivo.

Numero del Byte	Descripción	Valor Hexadecimal
mcp2510_data0	Dirección alta dispositivo que envía los datos (ejemplo nodo 31)	0x00
mcp2510_data1	Dirección baja dispositivo que envía los datos (ejemplo nodo 31)	0x31
mcp2510_data2	Estado del nodo	ver tipo de estados
mcp2510_data3	Parte baja (8 bits) canal en entrada analógico 1 (temperatura)	ver tipo de sensibilidad
mcp2510_data4	Parte baja (8 bits) canal en entrada analógico 2 (tensión iónica)	0x01 hasta 0x40 (64 niveles)
mcp2510_data5	Partes altas (2 bits c/u) de las entradas analógicas 1 y 2 respectivamente	0x00
mcp2510_data6	Valor de las entradas digitales 1 y 2 respectivamente (2 bits)	0x00
mcp2510_data7	Tipo de dispositivo	ver tipo de dispositivos

Tabla 6: Estructura de los paquetes de datos hacia el panel

Estado del Nodo	Descripción de la sensibilidad
0x40	Estado OK (se transmite al panel por medio de la dirección DPP 0x02F5)
0x50	Estado Alarma (se transmite al panel por medio de la dirección DPS 0x03F5)

Tabla 7: Definición de los estados del nodo

Tipo de dispositivo	Descripción de la Función
0x01	Detector Iónico
0x02	Detector Térmico
0x03	Estación Manual
0x04	Sensor de Flujo on/off
0x05	Dispositivo de entrada digital
0x06	Difusor de Sonido
0x07	Dispositivo de salida digital

Tabla 8: Tipos de Dispositivos

4.2. Protocolo RS-232 V.28 desarrollado

El panel principal desarrollado está dotado de un canal serial de datos que permite a cualquier programa de alto nivel basado en datos tipo texto en formato ANSI, - un ejemplo de estos programas puede ser el HyperTerminal de Windows-, intercambiar información con el sistema. Este canal serial está constituido físicamente por un conector DB9 macho con conexión de tres pines TX, RX y GND, bajo la condición de ningún control de flujo por parte de los equipos conectados a este. Es un canal estandarizado bajo el esquema RS-232 - V.28 a

2400 bits/seg con un formato de 8 bits de datos, 1 bits de stop y ninguno de paridad.

Por este medio se pueden acceder a dos funciones primordiales, la configuración de la base de datos tanto de dispositivos como de eventos y la supervisión en tiempo real de los procesos de interrogación y ejecución de alarmas que el panel ejecuta a cada uno de los nodos conectados a él.

Comenzaremos por estudiar los comandos de configuración, con estos el usuario, previa activación del modo de programación, podrá modificar la base de datos de los dispositivos conectados al panel, así como datos inherentes a la descripción de éste.

Comando agregar un dispositivo (nodo): permite agregar un dispositivo a la base de datos, se utilizan como parámetros de entrada: lazo al que esta conectado, dirección física, nivel de alarma, tipo de dispositivo, sensibilidad y descripción del lugar donde se encuentra asignado.

PD:L:DF:NA:TD:S:Localizacion física del dispositivo (máximo 40 caracteres) Comando de aceptación %

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo, NA: nivel de alarma, TD: tipo de dispositivo, S: sensibilidad.

Ejemplo:

PD:1:10:32:01:2:Cuarto de Basura Piso 1 %

Se agrega un nodo en el Lazo: 1, Dirección BCB: 10, nivel de alarma: 32, tipo: 01 (detector Iónico), Sensibilidad 2 (media), se encuentra ubicado en el Cuarto de basura Piso 1.

Para romper la ejecución de una línea de comandos y evitar su procesamiento por el panel se utiliza el "\$", el panel tiene la capacidad de analizar

la estructura de los comandos y producir la ejecución de un comando de error conformado por una cadena: “*error + retorno de carro*”.

Los comandos interpretados correctamente por el panel producen un comando de ok, conformado por una cadena “*ok + retorno de carro*”.

Comando eliminar un dispositivo (nodo): permite eliminar un dispositivo existente en la base de datos, esta formado por los parámetros: lazo y dirección físico del nodo.

CD:L:DF: Comando de aceptación %

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo.

Ejemplo:

CD:1:10: %

Se elimina un nodo en el Lazo: 1, Dirección BCB: 10.

Comando mostrar un dispositivo (nodo): con este comando se lee desde la base de datos el dispositivo deseado y se envían sus características en forma de texto. Los parámetros de entrada son el numero de lazo y la dirección del dispositivo.

SD:L:DF: Comando de aceptación %

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo.

La salida esta formada por los siguientes campos:

L:0DF:TD:EN:SN:NA:00:00:Localización física del dispositivo (40 caracteres)
--

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo, TD: tipo de dispositivo, EN: estado del nodo (activo o stand - by), SN: sensibilidad del nodo, NA: nivel de alarma.

Ejemplo: Mostrar el nodo sobre el lazo 1, dirección física 10.

SD:1:10%

La salida del panel esta formada por:

L:1:010:02:01:03:32:00:00:Cuarto de basura Piso 1 (retorno de carro)
--

La salida indica un nodo sobre el lazo 1, dirección física 10, tipo 02 (detector térmico), estado habilitado 01, sensibilidad alta 03, nivel de alarma 32 y una localización física de: Cuarto de basura Piso 1.

Comando mostrar todos los dispositivos registrados: Con este comando el procesador comenzará a mostrar todos los dispositivos registrados en la base de datos, la salida posee el mismo formato de salida utilizado para el comando SD (mostrar nodo).

GD%

Comando mostrar todos los eventos: con este comando el panel envía todos los eventos registrados en la base de datos del sistema.

GE%

La salida del panel estará conformada por los datos del dispositivo que produjo la situación, el tipo de situación, la hora y fecha de ocurrencia y la descripción o localización física del dispositivo que genere el evento.

L:0DF:TE:ES:NA:DD/MM/AA:HH:MM: Localización física del dispositivo y/o nodo (40 caracteres)

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo, TE: tipo de evento (avería o alarma), ES: estado del evento (reconocido o no), NA: nivel de alarma. DD/MM/AA:HH:MM: datos de la fecha y hora del evento.

Ejemplo:

1:010:02:04:32:12/03/04/16:54:Cuarto de Basura Piso 1 (retorno de carro)
--

Existe un evento producido por un dispositivo sobre el Lazo 1, dirección física 10, el tipo de evento fue una alarma (02), la alarma ya fue reconocida por el usuario (04), el nivel de alarma generado fue (32), el evento ocurrió el 12 de Marzo del 2004 a las 4 y 54 PM.

En relación con la supervisión en tiempo real a través del canal serial, el panel en sus procesos normales de interrogación a los nodos, ofrece datos importantes sobre este proceso para ser manejados por elementos externos de supervisión, esta información está compuesta por los nodos que se están interrogando, la respuesta de estos nodos, así como aquellos nodos que produzcan un estado de alarma y los comandos por parte del panel para iniciar las secuencias de atención a un evento de alarma, sea general o específica.

Información de la interrogación a los nodos: estos datos están formados por cuales nodos en cada ciclo de interrogación son cuestionados.

Q:L:0DF-L:0DF: L:0DF-L:0DF: L:0DF-L:0DF: L:0DF: L:0DF:
--

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo.

La respuesta de cada nodo estará formada por los siguientes datos:

R:L:0DF:TD:40:AN1:AN2:SD

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo, TD: tipo de dispositivo, 40 estado ok, AN1 y AN2 valores digitales (10 bits) de los canales analógicos del nodo que respondió, SD: valor binario de las entradas digitales del nodo que respondió.

Información sobre un evento de alarma: sobre el ciclo normal de interrogación cada nodo es autónomo de tomar el canal y enviarle al panel la presencia de un estado de alarma, cuando esto ocurre, el panel entra en una fase de sistema alarmado, se cancela el proceso de interrogación y se comienzan a

reportar por el canal serial RS-232 cuales nodos se están alarmando y cuales niveles de alarma general o particular el panel esta activando.

Los nodos que se alarman son reportados al exterior a través del canal serial con el siguiente formato:

A:L:0DF:TD:NA:50:AN1:AN2;SD

L: numero de lazo, DF: dirección física del nodo, TD: tipo de dispositivo, 50 estado de alarma, AN1 y AN2 valores digitales (10 bits) de los canales analógicos del nodo que se alarmó, SD: valor binario de las entradas digitales del nodo que alarmó.

Luego de cada reconocimiento de un evento de alarma por parte del panel, a través del canal serial se registran cuales nodos son activados, esta información esta compuesta por el nivel de alarma presentado y cuales dispositivos se activaron.

5. Análisis de los programas en formato ensamblador desarrollados

5.1. Panel Principal

Cada uno de los módulos que conforman al panel principal: modulo de control, módulo de interfase y módulo de control de carga y fuentes de voltaje; están controlados por microcontroladores PIC18F452, esta familia de controladores permite operar con dos niveles de interrupción, un nivel alto y un nivel bajo, esta característica es utilizada en los procesadores para controlar el intercambio de datos seriales entre el procesador maestro y sus esclavos. La filosofía en el desarrollo de los programas se basa en la utilización de los módulos temporizadores para la ejecución de las múltiples tareas que cada procesador debe realizar. De esta manera los programas se fundamentan en una rutina principal de ninguna o muy poca actividad, la cual es interrumpida por cada uno de los módulos de temporización o de comunicación del procesador.

5.1.1. Programa para el procesador principal U1

A este procesador se le desarrolló un programa el cual tiene como función controlar cada uno de los procesos involucrados en la detección de incendios, de esta manera él debe interactuar a través de canales seriales del tipo SPI (sincrono), USART (asíncrono) y del tipo CAN, para procesar y controlar la función principal de evaluar y tomar acciones frente a un conato de fuego.

El programa comienza con una inicialización de todos parámetros:

- Definición de los puertos tipo entrada-salida.
- Enviar un reset eléctrico a los prosadores esclavos.

- Configuración de los módulos del microcontrolador:
 - o TMR0 en formato 16 bits con 1:8 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR1 en formato 16 bits con 1:4 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR3 en formato 16 bits con 1:8 de Pre-escaler (pulsos internos).
 - o Módulo USART en formato de 8 bits a 2400 bps.
 - o Módulo MSSP en modo SPI-Master a $F_{osc}/64$.

- Inicialización de todas las variables de usuario, incluyendo los buffers de control de procesos:
 - o Buffer de lectura de teclado, *buffer_keyboard* (40 bytes).
 - o Buffer de salida por pantalla, *buffer_display* (40 bytes).
 - o Buffer de dispositivos (48 bytes).
 - o Buffer de eventos (48 bytes).
 - o Buffer para la transmisión síncrona SPI (42 bytes).
 - o Buffer para la recepción síncrona SPI (8 bytes).
 - o Buffer para la transmisión/ recepción asíncrona USART (60 bytes).
 - o Buffer de aplicación temporal.

- Inicialización de todos los procesadores Full CAN MCP2510, asignación de filtros y mascarar para los buffers de recepción RXB0 y RXB1 con los valores de 0x02F5 (DPP) y 0x03F5 (DPS).

- Evaluar la base de datos de dispositivos y determinar en cuales lazos deben existir nodos conectados y proceder a ordenarle a los procesador esclavo activar los reles de alimentación de lazos.

- Inicialización de las interrupciones y registros de temporización.

El programa se estructura en un conjunto de rutinas de atención a interrupción, en cada una de ellas el procesador controla las funciones que éste realiza, a continuación analizaremos cada uno de estas rutinas.

Rutina de atención a TMR0 (temporizador Timer 0): En esta rutina el procesador maestro interactúa con el procesador esclavo encargado de la interfase con el usuario (LCD + teclado) enviándole información al módulo de pantalla e interpretando las teclas presionadas. La función principal es crear las diferentes pantallas a través de las cuales un operador puede manejar las situaciones de avería, de alarma y de condición normal del panel, así como permitirle la configuración del sistema.

El grupo de menús está formado por 14 pantallas a través de las cuales un usuario calificado tiene acceso a las funciones de configuración del equipo.

Pantalla 00: esta pantalla muestra la identificación general de panel, hora y fecha así como la presencia de condiciones de: alarma o avería (reconocidas o no).

Pantalla 01: es utilizada para solicitar el ingreso del *password*, si este es correcto se entra al sistema de configuración del panel.

Pantalla 02: es utilizada para seleccionar la función a realizar (selector de menús de programación).

Pantalla 03: pantalla para modificar la hora y fecha del panel.

Pantalla 04: pantalla para modificar el password de acceso a sistema de programación.

Pantalla 05: es utilizada para modificar la identificación general del panel.

Pantalla 06: a través de ésta el usuario borra todos los eventos almacenados en la memoria EEPROM del panel (se solicita una confirmación para continuar).

Pantalla 07: ésta pantalla permite al usuario borrar todos los dispositivos almacenados en la memoria EEPROM del panel (se solicita una confirmación para continuar).

Pantallas 08 y 09: éstas pantallas le permiten al usuario agregar un dispositivo a partir de la información de: número de lazo, dirección física del nodo, tipo, sensibilidad, nivel de alarma y descripción.

Pantalla 10: se utiliza para borrar un dispositivo a partir de los parámetros: número de lazo y dirección física del nodo.

Pantallas 11 y 12: éstas pantallas se utilizan para mostrar por LCD a un dispositivo, se utilizan los parámetros: número de lazo y dirección física del nodo.

Pantalla 13: esta pantalla permite al usuario ver todos los eventos almacenados en el panel, la salida sobre el LCD se hace de manera progresiva comenzando por el último evento registrado.

Rutina de atención a TMR1 (temporizador Timer 1): bajo ésta rutina se controla el proceso principal de panel, interrogar y evaluar la respuesta de cada uno de los nodos que están conectados al sistemas. Las funciones realizadas son:

- Interrogar a los nodos habilitados en cada uno de los lazos.
- Enviar la información de interrogación a través del canal serial RS232 - V.28.
- Verificar la respuesta de los nodos interrogados en un ciclo anterior, la respuesta es recibida a través de los buffers RXB0 de cada uno de los procesadores Full CAN (Dirección **DPP** 0x02F5).
- Transmitir a través de canal serial RS232 – V.28 la respuesta de los nodos.
- Verificar el envío de estados de alarma desde los nodos, mensajes recibidos a través del buffer RXB1 de los procesadores Full CAN (Dirección **DPS** 0x03F5).
- Producir las señales de actuación, previa evaluación del nivel de alarma que se ha generado.
- Transmitir a través del canal serial RS232 – V.28 los estados de alarma y las funciones ejecutadas.
- Inicializar los nodos por petición del usuario (menú de programación).
- Enviarle al procesador esclavo -encargado de los procesos de carga y fuentes de poder- el comando para producir las señales auditivas indicadoras de: presencia de alarma o avería.
- Al momento de existir un estado de alarma, el procesador maestro determina el nivel de alarma y procede a enviarle al procesador esclavo cuales reles de función auxiliar local se deben encender.

Rutina de atención a TMR3 (temporizador Timer 3): esta rutina permite intercambiar datos con el procesador encargado del control de carga de batería y fuentes de alimentación, a través del canal serial SPI el procesador maestro obtiene información del estado del banco de baterías y el estado de la red eléctrica local, teniéndose dos condiciones: estado normal o estado averiado.

Rutina de atención a la interrupción de datos seriales asíncronos USART: Esta rutina evalúa cada byte recibido por el módulo USART y ensambla el *buffer_usart* del sistema, baja la condición de “reconocer comando %” el procesador procede a analizar la línea de comandos recibida y ejecutarla si esta no posee ningún error de sintaxis.

5.1.2. Programa para el procesador esclavo U6

Este programa tiene como función interactuar con los dispositivos de teclado y modulo LCD y ejecutar las acciones sobre éstos dependiendo de las ordenes impartidas vía el canal serial SPI por el procesador maestro.

El programa comienza con una inicialización de los módulos y puertos del procesador:

- Definición de los puertos tipo entrada-salida.
- Configuración de los módulos del microcontrolador:
 - o TMR0 en formato 8 bits con 1:256 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR1 en formato 16 bits con 1:4 de pre-escaler (pulsos internos).

- o Módulo MSSP en modo SPI-SLAVE con selector de esclavo a $F_{osc}/64$.
- Inicialización de todas las variables de usuario, incluyendo los buffers de control de procesos:
 - o Buffer de salida por pantalla, *buffer_display* (40 bytes).
 - o Buffer para la recepción síncrona SPI (42 bytes).
 - o Buffer para la transmisión síncrona SPI (8 bytes).
- Inicialización del módulo LCD configurándole su forma de comunicación a 4 bits y el formato para presentar los datos sobre la pantalla: cursor apagado y auto incremento del puntero del cursor.
- Inicialización de las interrupciones y registros de temporización.

Rutina de atención a TMR0 (temporizador Timer 0): Esta rutina verifica cada uno de las 14 columnas conectadas al teclado matricial y procede a convertir esta información en un valor ASCII de la tecla presionada. La información es enviada al procesador maestro cada vez que éste la solicite, el formato de las teclas adquiridas posee tres valores: teclas alfabéticas en condición de mayúsculas o minúsculas, teclas numéricas y teclas de función, estas ultimas, para controlar los procesos ejecutados por el panel. La tecla adquirida es almacenada en la variable *dato_keyboard*, ésta es enviada al procesador maestro vía el canal serial SPI para que éste ensamble el *buffer_keyboard* y lo procese.

Rutina de atención a TMR1 (temporizador Timer 1): Esta rutina es utilizada para generar una señal audible de 1000 Hz la cual le ofrece al usuario un aviso cuando se presione una tecla cualquiera.

Rutina de atención al módulo MSPP (comunicación síncrona SPI) –Nivel de interrupción alto-: Los datos enviados por el procesador principal poseen dos funciones bien definidas: leer una tecla presionada o enviarle al módulo LCD 40 caracteres ASCII para ser presentados, ya sea en la línea uno o en línea dos de la pantalla. El formato SPI creado consta de 42 bytes transmitidos a los procesadores esclavos y 8 bytes recibidos desde éstos, como éste canal es del tipo Full Duplex, los datos recibidos y transmitidos a los esclavos ocurren al mismo tiempo, un byte de los 42 enviados al esclavo definen que función se va a realizar, lectura de tecla o escritura de pantalla, si la función es ésta última, un segundo byte define en que línea y posición se van a escribir los datos sobre la pantalla, el resto de los 40 bytes del buffer recibido corresponden a los datos a sacar por LCD.

En caso de que la función sea lectura de tecla, el procesador esclavo ensambla el buffer de transmisión serial SPI con el valor de la última tecla adquirida y se la envía al maestro; en caso de una solicitud de tecla y no exista la condición de tecla presionada, el esclavo envía 0x00, lo cual es interpretado por el maestro como ninguna tecla presionada.

5.1.3. Programa para el procesador esclavo U10

Este programa tiene como funciones: controlar los procesos de carga del banco de batería, monitorear la red eléctrica local, manejar los relés de alimentación de lazos CAN, manejar los relés de funciones auxiliares locales y generar las señales audibles de panel: averiado con eventos no reconocidos, averiado con eventos reconocidos y alarmado.

Los procesos de carga de batería y supervisión de red eléctrica local son autónomos, es decir las variables son adquiridas por este procesador, evaluadas y éste ejecuta las acciones sin la intervención del procesador principal.

La activación de rele y generación de señales audibles son ordenadas por el procesador principal vía el canal serial SPI.

El programa comienza con una inicialización de los módulos y puertos del procesador:

- Definición de los puertos tipo entrada-salida.
- Configuración de los módulos del microcontrolador:
 - o TMR0 en formato 8 bits con 1:256 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR1 en formato 16 bits con 1:4 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR2 en formato 8 bits (comparación) 1:4 de pre-escaler y de post-escaler (pulsos internos).
 - o Módulo MSSP en modo SPI-SLAVE con selector de esclavo a $F_{osc}/64$.
 - o Módulo de conversión analógico - digital en formato de 10 bits, tres canales analógicos habilitados, tiempo de conversión $F_{osc}/64$.
- Inicialización de todas las variables de usuario, incluyendo los buffers de control de procesos:
 - o Buffer para la recepción síncrona SPI (42 bytes).
 - o Buffer para la transmisión síncrona SPI (8 bytes).
 - o Buffers para el procesamiento de los 3 canales analógicos.
- Inicialización de las interrupciones y registros de temporización.

Este programa a diferencia de los dos ya analizados, realiza la función de digitalizar los canales analógicos sin la intervención de un módulo que genere una interrupción.

Los tres canales analógicos son muestreados a razón de 135 mSeg. En cada uno de los ciclos de muestreo se recogen 8 muestras de cada canal, las cuales son ponderadas por obtener un nivel de filtrado contra ruido adicional.

El valor promedio de cada una de las muestras es utilizado para evaluar:

- La tensión de la red eléctrica local (canal AN0 del procesador), para producir el evento de avería de 110 Vac y proceder a apagar la fuente primaria de 24 Vdc.
- El valor diferencial de los canales AN1 y AN3 del procesador para determinar la corriente de carga aplicada al banco de baterías. Esto para realizar los continuos ciclos de carga y stand - by.
- El valor de la tensión sobre el canal AN3 del procesador para determinar la falla del banco de baterías.

La falla de cualquiera de los sistemas: red eléctrica o banco de batería, producirá un estado de avería que será reportado al panel principal la próxima vez que este interroge al procesador esclavo solicitándole dicha información.

Rutina de atención a TMR0 y TMR2 (temporizador Timer 0 y Timer 2): El panel tiene la capacidad de generar tres señales audibles diferentes para indicar la presencia de las siguientes condiciones:

- Evento reconocidos: señal de 1000 Hz, encendida 0.3 segundos y apagada de 0.7 segundos con una periodicidad de 1 segundo.

- Evento no reconocido (avería): señal continua de 1000 Hz.
- Alarma no reconocida: señal ascendente desde 600 a 1100 Hz de 2.6 segundos y 0.4 segundos de tiempo muerto (señal de alarma según norma COVENIN 1041-1999).

La forma de generación de estas señales se basa en dos temporizadores, TMR0 y TMR2 actuando conjuntamente, el primero, para generar una base de tiempo de 10 mSeg la cual controla al periodo de los ciclos del tono producido por el microprocesador para activar un elemento piezo – eléctrico.

La generación de estas señales es gobernada por el procesador principal, los comandos para seleccionar el tipo de tono se imparten vía serial SPI.

Rutina de atención a TMR1 (temporizador Timer 1): En ésta rutina se evalúan las condiciones de las banderas (bits de control) correspondientes a los procesos de verificación de red eléctrica y carga de batería, y se colocan sobre el buffer de transmisión serial SPI para ser entregados a procesador maestro la próxima vez que éste los solicite.

Rutina de atención al módulo MSPP (comunicación síncrona SPI) -Nivel de interrupción alta -: Los datos enviados por el procesador principal hacia éste microcontrolador poseen un solo formato, se transmiten 42 bytes y este envía 8 bytes: La información recibida por él está compuesta por los relees tanto de alimentación de lazo como de funciones auxiliares locales a encenderse, así como, el tipo de tono a generar, la información que él envía representa el estado del banco de baterías y de la red eléctrica.

5.2. Nodo Básico

El programa desarrollado para el nodo básico está compuesto por una serie de rutinas que le permiten al procesador analizar cada uno de las variables involucradas en el proceso de detección de incendios: temperatura, saturación de humo, entradas y salidas digitales y generación de la señal de alarma según la norma COVENIN 1041-1999. La filosofía de éste programa se basa en la utilización de los módulos temporizadores para la ejecución de las múltiples tareas que el procesador debe realizar.

El programa comienza con una inicialización de los módulos y puertos del procesador:

- Definición de los puertos tipo entrada-salida.
- Configuración de los módulos del microcontrolador:
 - o TMR0 en formato 8 bits con 1:32 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR1 en formato 16 bits con 1:4 de pre-escaler (pulsos internos).
 - o TMR2 en formato 8 bits (comparación) 1:4 de pre-escaler y de post-escaler (pulsos internos).
 - o Módulo de conversión analógico - digital en formato de 10 bits, dos canales analógicos habilitados, tiempo de conversión $F_{osc}/32$.
- Inicialización de todas las variables de usuario, incluyendo los buffers de control de procesos:
 - o Buffers para el procesamiento de los 2 canales analógicos.

- Determinación y validación de la dirección física fijada sobre el Puerto B del procesador (dirección de 8 bits en formato BCD desde 01 hasta 64).
- Inicialización del procesador Full CAN MCP2510, asignación de filtros y mascarar para los buffers de recepción RXB0 y RXB1 con los valores de la dirección física (DNP) y 0x07F0 (DNS).
- Inicialización de las interrupciones y registros de temporización.

Rutina de atención a TMR0 (temporizador Timer 0): En ésta rutina se manejan los procesos de interpretar los datos recibidos por el nodo desde el lazo CAN, estos datos se pueden recibir a través de dos formas:

- A través del buffer RXB0 del MCP2510 (**DNP**), estos mensajes son de carácter exclusivo y están definidos por la dirección única del nodo que los recibió, tienen como función: solicitar al nodo el envío de su estado, activación en un nivel particular de alarma o indicarle al nodo que el estado de alarma que este envió al panel ya fue reconocido, y evitar así los progresivos envíos del estado de alarma.
- Si los mensajes son recibidos por el buffer RXB1, estos son de carácter general (dirección **DNS** 0x07F0) y deben ser procesados por todos los nodos del lazo, pueden tener tres funciones: activación de una señal de alarma general, inicialización de los nodos o el comando de apagar la generación del tono de alarma por parte de los nodos.

Otra función realizada en esta rutina es verificar las entradas digitales del sistema y producir un estado de alarma si es necesario.

Rutina de atención a TMR1 (temporizador Timer 1): Esta rutina posee varias funciones:

- Servir de generador de base de tiempo en conjunción con TMR2 (temporizador Timer 2) para generar el tono de alarma según norma COVENIN 1041-1999.
- Iniciar la transmisión del estado del nodo luego de recibir el mensaje de solicitud a través de la dirección **DNP** (buffer RXB0).
- Iniciar la transmisión del estado de alarma y proseguir en esta función hasta recibir el mensaje de reconocimiento por parte del panel principal (Dirección **DNP**).
- Generar el retardo de 30 segundos para iniciar los procesos de adquisición de señales analógicas y digitales.
- Manejar la señalización eléctrica y de tiempo para el led de dirección válida recibida.
- Iniciar un procedimiento de lectura de los canales de conversión analógico – digital. (un canal a la vez por llamado de interrupción TMR1), la lectura del canal digitalizado se realiza con la rutina de atención al modulo de conversión.
- Se realiza la función de medición de temperatura por condición termo - velocimétrica, en este, dos valores de temperatura ocurridos con una separación temporal de 3 segundos son evaluados, dependiendo del diferencial y la sensibilidad del nodo se produce un estado de alarma.

Rutina para atender las interrupciones generadas por el módulo de conversión analógico – digital: El inicio de una conversión se realiza dentro de la rutina de TMR1, al finalizar ésta, el módulo de conversión interrumpe al procesador generando un llamado de interrupción, se realiza la lectura, y se verifica el numero de la muestra, cada 8 muestras se realiza el promedio para obtener una tensión filtrado de la señal requerida, tensión térmica (entrada AN0 del procesador) o tensión iónica (entrada AN1 del procesador).

En ésta rutina se verifican los valores tope para cada una de las señales analógicas, y en función de la sensibilidad del nodo se procede a generar un estado de alarma si estos voltajes se encuentran fuera de los rangos de operación normal.

Es importante señalar que este programa tiene la capacidad de evaluar una falta de respuesta por parte del panel ante un evento de alarma; sobre cada condición de alarma enviada al panel, el nodo esperara por un reconocimiento por parte del control principal, si esto no ocurre, luego de ocho intentos de comunicación, el nodo se enmascara para simular ser el panel y envía un mensaje de activación de alarma general a todos los nodos conectados a su mismo lazo.

6. Estructura de las bases de datos desarrolladas

Los datos manejados por el panel principal son almacenados sobre el banco de memoria EEPROM bajo un esquema de dos bases de datos, una para los dispositivos y otra para los eventos. El banco EEPROM esta formado por dos circuitos integrados 24C256 cada uno con una capacidad de 32 Kbytes para un total de 64 Kbytes. De esta manera utilizaremos una distribución de datos como sigue: los dispositivos son almacenados en el primer IC de EEPROM U4 (diagrama esquemático 1.1) mientras que los eventos son registrados en el segundo IC de EEPROM U3 (diagrama esquemático 1.1), Esto permite de manera rápida y segura una programación de dispositivos o lectura de eventos de forma modular (se retira el IC y se lee o escribir en cualquier otro panel).

6.1. Base de datos de dispositivos

Esta se encuentre mapeada en memoria EEPROM en el rango de Hex(0x0000) hasta Hex(0x7BD0) y está conformada por 512 registros de 48 bytes cada uno, divididos por 8 páginas que representan a los lazos del sistema, estos registros conforman los dispositivos almacenados en el panel.

Cada página de lazos esta formada por 64 dispositivos que están almacenados en los primeros Hex(0x0BD0) de cada segmento, éstas están definidas por las direcciones: Lazo 1 Hex(0x0000), Lazo 2 Hex(0x1000), Lazo 3 Hex(0x2000), Lazo 4 Hex(0x3000), Lazo 5 Hex(0x4000), Lazo 6 Hex(0x5000), Lazo 7 Hex(0x6000) y Lazo 8 Hex(0x7000).

En las tablas 9, 10 y 11 se observan la estructura de éstos datos.

Sobre el IC U3 (EEPROM numero 1) igualmente se almacenan datos importantes para la operación del panel como lo son:

- Password de servicio conformado por 8 bytes ASCII almacenados a partir de la dirección Hex(0x0D30).
- Descripción del panel conformado por 40 bytes ASCII almacenados a partir de la dirección Hex(0xD30).
- Puntero de Eventos en las direcciones Hex(0xD40) y Hex(0xD41).

Numero de byte	Nombre del byte	Descripción de byte
0	address_high_device	Parte alta de la dirección física del dispositivo
1	address_low_device	Parte baja de la dirección física del dispositivo
2	device_type	Ver tabla para tipos de dispositivos
3	device_status	Ver tabla para estados del dispositivo
4	device_control_byte_0	Define la sensibilidad, 0x01 Baja, 0x02 Media, 0x03 Alta, 0x00 para dispositivos sin ajuste de sensibilidad
5	device_control_byte_1	Nivel de alarma (0x01 hasta 0x64)
6	device_control_byte_2	0x00 (reservado)
7	device_control_byte_3	0x00 (reservado)
8	device_description_byte_0	Descripción física en formato ASCII del dispositivo (máximo 40 caracteres)
9	device_description_byte_1	
10	device_description_byte_2	
11	device_description_byte_3	
12	device_description_byte_4	
13	device_description_byte_5	
14	device_description_byte_6	
15	device_description_byte_7	
16	device_description_byte_8	
17	device_description_byte_9	
18	device_description_byte_10	
19	device_description_byte_11	
20	device_description_byte_12	
21	device_description_byte_13	
22	device_description_byte_14	
23	device_description_byte_15	
24	device_description_byte_16	
25	device_description_byte_17	
26	device_description_byte_18	
27	device_description_byte_19	
28	device_description_byte_20	
29	device_description_byte_21	
30	device_description_byte_22	
31	device_description_byte_23	
32	device_description_byte_24	
33	device_description_byte_25	
34	device_description_byte_26	
35	device_description_byte_27	
36	device_description_byte_28	
37	device_description_byte_29	
38	device_description_byte_30	
39	device_description_byte_31	
40	device_description_byte_32	
41	device_description_byte_33	
42	device_description_byte_34	
43	device_description_byte_35	
44	device_description_byte_36	
45	device_description_byte_37	
46	device_description_byte_38	
47	device_description_byte_39	

Tabla 9. Estructura de un dispositivo almacenado en EEPROM

Tipo de dispositivo en BCD	Descripción del dispositivo
0	No utilizado (error)
1	Detector Termo - velocimétrico
2	Detector Iónico
3	Estación Manual Simple
4	Sensor de Flujo on/off
5	Dispositivo de Entrada Digital
6	Difusor de Sonido
7	Dispositivo de Salida Digital on/off
8	Reservados para futuros dispositivos
hasta	
79	
80	Panel Principal de Control
89	Usuario
90	Lazo CAN numero 1
91	Lazo CAN numero 2
92	Lazo CAN numero 3
93	Lazo CAN numero 4
94	Lazo CAN numero 5
95	Lazo CAN numero 6
96	Lazo CAN numero 7
97	Lazo CAN numero 8
98	Banco de Baterías
99	Red eléctrica local 110 Vac

Tabla 10. Tipos de dispositivos

Estado del Dispositivo	Descripción del Estado
0x00	No utilizado (error)
0x01	Activo
0x02	Suspendido
0x03	Averiado no reconocido
0x04	Averiado reconocido

Tabla 11. Estado de los Dispositivos

6.2. Base de datos de eventos

Los eventos generados por un nodo, por el panel (falla en los lazos, batería o red eléctrica) o el usuario (activación manual de la alarma general) son almacenados en el segundo circuito integrado 24C256 U3 (diagrama esquemático 1.1), éstos están formados por 512 registros de 50 bytes cada uno que van desde la posición de EEPROM Hex(0x8000) hasta Hex(0xE3C3).

La estructura de estos datos se observan en las tablas 12 y 13.

Numero de byte	Nombre del byte	Descripción de byte
0	address_high_device_event	Parte alta de la dirección física del dispositivo que produjo el evento
1	address_low_device_event	Parte baja de la dirección física del dispositivo que produjo el evento
2	device_type_event	Ver tabla para tipos de dispositivos
3	type_event	Ver tabla para tipo de Evento
4	date_event	Fecha del evento en BCD
5	month_event	Mes del evento en BCD
6	year_event	Año del Evento (ultimas dos dígitos) en BCD
7	hour_event	Hora del Evento en BCD
8	minute_event	Minutos del Evento en BCD
9	nivel_alarm_event	Nivel de Alarma del nodo que produjo el evento
10	device_description_event_0	Descripción del evento en formato ASCII (máximo 40 caracteres)
11	device_description_event_1	
12	device_description_event_2	
13	device_description_event_3	
14	device_description_event_4	
15	device_description_event_5	
16	device_description_event_6	
17	device_description_event_7	
18	device_description_event_8	
19	device_description_event_9	
20	device_description_event_10	
21	device_description_event_11	
22	device_description_event_12	
23	device_description_event_13	
24	device_description_event_14	
25	device_description_event_15	
26	device_description_event_16	
27	device_description_event_17	
28	device_description_event_18	
29	device_description_event_19	
30	device_description_event_20	
31	device_description_event_21	
32	device_description_event_22	
33	device_description_event_23	
34	device_description_event_24	
35	device_description_event_25	
36	device_description_event_26	
37	device_description_event_27	
38	device_description_event_28	
39	device_description_event_29	
40	device_description_event_30	
41	device_description_event_31	
42	device_description_event_32	
43	device_description_event_33	
44	device_description_event_34	
45	device_description_event_35	
46	device_description_event_36	
47	device_description_event_37	
48	device_description_event_38	
49	device_description_event_39	

Tabla 12. Estructura de un Evento almacenado en EEPROM

Tipo de Evento	Descripción del Evento
0x00	No utilizado
0x01	Alarma no Reconocida
0x02	Avería no Reconocida
0x81	Alarma Reconocida
0x82	Avería Reconocida

Tabla 13. Tipos de Eventos

7. Análisis de costos aplicados al prototipo

En función de los costos del prototipo, se pueden definir los alcances logrados al desarrollar un sistema direccionable para la detección de incendios, es de recordar, que una de las problemáticas de origen para éste estudio era el factor *precio* de los equipos importados y la imposibilidad por la mayoría de los proyectistas y constructores de utilizarlos, en su lugar, son remplazados por sistemas convencionales económicos de muy bajo rendimiento.

Los costos mostrados son los relacionados con la creación de un prototipo, sin embargo son muy reales e importantes para extrapolarlos y obtener un costo definitivo de un sistema listo para producción y comercialización.

El prototipo desarrollado es un sistema direccionable conformado por dos lazos CAN con la capacidad de manejar un total de 128 nodos, la ingeniería de detalle se orientó a la creación de los sistemas electrónicos que conforman el panel de control y los nodos de control, los cuales cumplen con la normativa venezolana en relación con los procedimientos eléctricos para la detección de incendios. Las consideraciones de diseño estructural de los equipos: cajas y elementos de conexión eléctrica, así como procedimientos de producción no son considerados en este estudio de costos.

El nodo de control desarrollado es un prototipo capaz de funcionar como cualquiera de los elemento propuestos en este trabajo, de tal forma, posee los todos los módulos necesarios para medir y controlar las variables involucradas en la detección de un conato de fuego.

Las siguientes tablas muestran un detalle del costo para el panel de control tipo prototipo así como un nodo básico de control tipo prototipo.

Panel de Control		
Modulo de Interfase		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
LCD 40 caracteres por 2 líneas	Pantalla para presentar datos	\$46,32
Teclado matricial tipo superficial	52 teclas para controlar el proceso	\$25,50
Pic18F452-I/P	Procesador Esclavo	\$10,38
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores	\$4,50
	Sub Total	\$86,70
Modulo de control de carga de baterías y de fuentes de poder		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
Pic18F452-I/P	Procesador Esclavo	\$10,38
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores, regletas de conexión	\$8,50
Elementos Electromecánicos	Reles DPDT	\$8,90
	Sub Total	\$27,78
Modulo de control principal		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
Pic18F452-I/P	Procesador Maestro	\$10,38
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores	\$7,20
Banco de EEPROM	24C256	\$4,20
Reloj de tiempo real	NJU6355	\$3,20
	Sub Total	\$24,98
2 Lazos de control CAN		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
MCP2510	Procesador FULL CAN	\$8,40
MCP2551	Transceiver CAN	\$2,40
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores, regletas de conexión	\$2,45
	Sub Total	\$13,25

Tabla 14.1 Costo Prototipo Panel

Panel de Control		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
LM723	Regulador Variable	\$1,18
ECG 253 y ECG392	Transistores de Potencia	\$7,40
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores, regletas de conexión	\$4,58
Elementos de Rectificación y Filtrado	Puentes Rectificadores y Capacitores	\$14,50
	Sub Total	\$27,66
Circuito Impreso		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
CEN2	Tarjeta de una cara 25 x 20	\$3,50
Total General		\$183,87

Tabla 14.2 Costo Prototipo Panel

Nodo de Control Basico		
Modulo de Control		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
Pic16F876-20	Procesador Principal	\$7,05
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores, cristal, transistores, regletas de conexión	\$3,25
Dip SW	Selector de Direccion	\$1,58
	Sub Total	\$11,88
Modulo de control de temperatura		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
LM324	Amplificador Operación	\$0,26
LM335	Sensor de temperatura del tipo semi - conductor	\$1,25
LM336-5.0V	Fuente Referencial de 5 Vdc	\$0,95
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores	\$1,24
	Sub Total	\$3,70
Modulo Iónico		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
MC14578P	Comparador - Buffer de alta impedancia	\$1,56
NIS-09C	Cámara Iónica	\$3,52
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores	\$0,52
	Sub Total	\$5,60
Modulo de Audio		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
LM386	Amplificador de audio	\$0,85
Corneta	Corneta 48 ohms 3 watts	\$0,65
Elementos pasivos y activos	Resistores, capacitores	\$1,14
	Sub Total	\$2,64
Circuito Impreso		
Equipos que lo Componen	Descripción	Costo en dólares americanos
CEN2	Tarjeta de una cara 15 x 10	\$1,50
Total General		\$25,32

Tabla 15 Costo Prototipo Nodo basico

8. Pruebas aplicadas al prototipo

En relación a las pruebas aplicadas a los sistema para la detección de incendios para aprobar la calificación COVENIN, las normas establecen dos procedimientos: uno del tipo mecánico, en donde los equipos son expuestos a fuerzas de impacto, vibración y cambios ambientales y otro del tipo eléctrico, los cuales determinan la respuesta del sistema a cambios sobre la variable para la cual fueron diseñados, así como cambios en los sistemas de alimentación eléctrica.

El sistema desarrollado se encuentra en una primera fase, la de prototipo, por tal motivo las consideraciones mecánicas de funcionamiento no fueron aplicadas al equipo.

Las consideraciones eléctricas para las pruebas aplicadas se basan en las especificadas en la NORMA COVENIN 1041-1999 acerca de la capacidad del equipo para cumplir con todas las características de operatividad relaciones con los patrones de onda generados, capacidades del panel para cumplir con los procedimientos de supervisión, detección de estados de alarma, funcionamiento bajo fallas eléctricas de la red local y mantenimiento de un banco de baterías en optimas condiciones.

La primera prueba de campo se basó en un sistema compuesto por un panel y tres nodos básicos operando bajo la premisa de sensor todas las variables involucradas, adicionalmente, los lazos fueron cargados con impedancias tales para simular una condición de full carga (1 Amp). Bajo ésta condición el panel tuvo un tiempo de operación de 36 horas sin presentar ningún desperfecto ni anomalías en las funciones de control.

La segunda prueba de campo constó de un panel y tres nodos, los cuales fueron modificados para producir automáticamente estados de alarma con

intervalos de 1 minuto, esta prueba permitió analizar el funcionamiento del panel frente a una condición de un conato de fuego amplio, se obtuvieron 512 eventos sin ningún tipo de anomalía.

Con relación a las pruebas de alimentación eléctrica, se cumplieron según la norma COVENIN, analizando el panel frente a una variación de la red eléctrica entre 80% y 125% del valor nominal de 110 Vac. En relación con el procedimiento de carga del banco de baterías, se ejecutaron pruebas constantes de carga y descarga de éste. Para lograr tal prueba, se modificó al programa de control del panel para permitir simular fallas de la red eléctrica local, en esta condición, el panel deshabilita la fuente primaria de 24 Vdc y procede a operar con la fuente secundaria (batería). Esta prueba estuvo compuesta por 4 ciclos de carga – descarga en un periodo de 24 horas a una corriente nominal de salida del banco de baterías de 4 Amp y una corriente de carga de 1 amp. El sistema no presentó ninguna anomalía bajo este régimen especial de operación.

Los nodos fueron probados para garantizar su capacidad de sensor cada una de las señales tanto digitales como analógicas para las cuales están diseñados, El módulo térmico fue expuesto a cambios periódicos de temperatura de 35 a 65 grados centígrados, el programa de control fue modificado para inhibir la capacidad de detección por temperatura fija o por rata de cambio, los datos de los canales analógicos son enviados por el panel a través de su puerto RS-232 - V.28, esta información fue recopilada y comparada con los valores de variación de temperatura sobre el nodo, produciendo un 99.2% de exactitud sobre el rango medido.

Para la prueba de la condición de saturación de humo, modulo Iónico, se expuso el sistema a un procedimiento basado en la técnica de saturación con elementos artificiales, bajo este esquema, se utilizan aerosoles diseñados para probar detectores de humo, y se aplican reiterados eventos de saturación y limpieza de la cámara iónica, determinándose la capacidad del nodo de detectar el

evento. Se realizaron 32 pruebas consecutivas obteniéndose un 100% en la respuesta del nodo.

Las entradas digitales fueron probadas a través de reiterados procedimientos de apretura y corto – circuito, para arrojar una respuesta de 100% de detección para un total de 50 eventos.

El enlace físico fue probado bajo un esquema de conectar el panel con los tres nodos de control a través de un par trenzado con una longitud de 1000 pies (303 metros) utilizando un conductor tipo UTP CAT3, las pruebas permitieron establecer un funcionamiento sin anomalías para un periodo de operación continuo de 7 días.

Todos estas pruebas permiten obtener un prototipo capaz de ser elevado a la siguiente fase del desarrollo, la obtención de un equipo final listo para producción, al cual deberán aplicarse las pruebas mecánicas de esfuerzo, vibración y condiciones ambientales según la norma COVENIN.

Conclusiones y Recomendaciones

Finalizado el proyecto podemos establecer el cumplimiento, con creces, de todos los objetivos planteados al inicio de esta investigación, obteniéndose los siguientes logros:

- Se desarrolló un sistema electrónico direccionable capaz de realizar las tareas de prevención y detección de incendios en áreas residenciales o industriales de manera eficaz y eficiente.
- Se analizaron los elementos que conforman a los buses de control más utilizados en el mercado, considerando sus ventajas y desventajas.
- Se determinó la ventaja de los sistemas basados en protocolo CAN, estableciéndose sus beneficios en forma de: versatilidad, seguridad en la información y sobre todo económico en su implementación.
- Se obtuvo un prototipo capaz de verificar la capacidad de fabricar sistemas direccionables de detección de incendio de bajo costo. El cual puede ser considerado por los proyectistas de sistemas de incendios y constructores.
- Se obtuvo un sistema electrónico capaz de cumplir 100% con las especificaciones venezolanas e internacionales en lo referente a equipos de seguridad contra incendios.
- Se desarrolló una plataforma común para los elementos puntuales de detección y / o actuación (nodos), capaz de ser utilizada como elemento de partida para creación de una variedad de equipos para la prevención y detección de incendios.

- El sistema desarrollado supera los objetivos iniciales, ya que se obtuvo un sistema no solo capaz de interactuar en la prevención y detección de incendios. La capacidad bidireccional de comunicación en los buses de control, le permiten ser utilizado para funciones tales como: monitoreo de variables en áreas para almacenamiento de productos químicos (temperatura y humedad), control de tableros eléctricos, maquinas de ventilación y acondicionadores de aire, control de acceso a áreas para almacenamiento de sustancias riesgosas, entre otras.
- Se obtuvo un sistema capaz de migrar de un esquema de control central a control distribuido si la comunicación panel y nodos desaparece, de esta manera, bajo una condición de inoperatividad del panel central, los nodos son capaces de seguir su función de detección y alarma contra incendios.
- El esquema bajo el cual se desarrollaron los nodos les permiten funcionar como elementos puntuales de detección, sin la necesidad de estar conectados a un panel, cada uno de ellos posee los elementos electrónicos necesarios para detectar un siniestro y generar una señal audible de alarma y una actuación sobre un elemento de extinción.

El sistema desarrollado se fundamenta en un prototipo, al cual se le aplicaron los pruebas de rigor para comprobar su operatividad, el próximo paso, es la creación de un equipo con las características necesarias que le permitan ser un producto comercial, a éste se le deberán aplicar las pruebas establecidas por la norma COVENIN para determinar su robustez mecánica y eléctrica.

El equipo obtenido posee la capacidad de aumentar su redimiendo mediante la creación de herramientas de software y hardware que le permitan ser un sistema del tipo SCADA, en donde múltiples paneles interactúan en una red de control amplia, para esto, se deberán realizar investigaciones en los siguientes aspectos:

- Desarrollar una serie de dispositivos de detección que permitan ampliar el rango de operación del sistema, por ejemplo: sensores de humedad, sensores infrarrojos de llamas, detectores de gases.
- Desarrollar una aplicación de alto nivel que permita utilizar el canal serial RS-232 – V.28 que posee el panel y así obtener técnicas de programación y supervisión de mayor grado, brindando la capacidad de geoposicionamiento de eventos a través de nemónicos y planos arquitectónicos, reporte, tabulación y control de condiciones ambientales de las edificaciones y desarrollo del concepto de edificaciones inteligentes.
- Desarrollar la capacidad de manejar múltiples paneles contra incendios a través de redes de área local o redes de amplio rango.
- Desarrollar un modulo que le permite al panel tener la capacidad de reportar eventos de alarmas de manera automática a los cuerpos de bomberos a través de enlaces telefónicos o radiales.

Bibliografía

- “Manual de instalación, Panel direccionable 7100”, (Enero 2000), publicación realizada por FCI - Honeywell, numero de parte: 100-212-3.
- “Introducción al protocolo CAN (CONTROLLER AREA NETWORK) (1993)”, Corporación Intel, número de publicación: 270962-002.
- Robert Bosch GmbH, (1991) “CAN Specification, Version 2.0, Parts A and B”.
- Estandar ISO-11898” (1993), International Standards Organization.
- “Controller Area Network (CAN) Basic”, Microchip, (1999), número de publicación: DS00713A.
- “A CAN Physical Layer Discussion”, Microchip, (2002), número de publicación: DS00288A.
- “Understanding Microchip’s CAN Module Bit Timing”, Microchip, (2001), número de publicación: DS00754A.
- Compendio de normas referentes a los equipos para la detección y prevención de incendios, Fondonorma - COVENIN.
 - o Detector de Calor Puntual, Norma COVENIN 1382-1979.
 - o Detector de Humo Puntual, Norma COVENIN 1443-1979.
 - o Estación Manual de Incendios, Norma COVENIN 0758-1989.
 - o Tablero Contra Incendios, Norma COVENIN 1041-1999.
- Fuertes, J.M., Vázquez, L., Rojas, L. (Julio 1999), “Educational Architecture LAN/CAN for Process Control Engineering“

- Gámiz, J., Samitier, J., Fuertes, J.M., Rubies, O. (2003) "Practical evaluation of messages latencies in CAN". 8th IEEE Int. Conference on Emerging Technologies and Factory Automation – Lisbon -.
- Martinez, R., Hassan, H., Benet, G., Crespo, A. (Julio 2001) "Arquitectura de control distribuida sobre bus CAN". XXII Jornadas Automática, - Bellaterra Barcelona-.
- J.R. Jordan, "Serial Networked Field Instrumentation". (January 1995), John Wiley & Sons Editorial.
- Law z, Wolfhard, (1997) "CAN System Engineering From Theory to Practical Applications".