

Instituto Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez

Reporte de residencia

Ingeniería “as built” de sistema contra incendio SICCI para prevención de fallas de la terminal de almacenamiento y reparto Tuxtla Gutiérrez

Elaborado por: Jorge Antonio Pinto Rojas

N.M. 14270280

Asesor interno: Ing. Arnulfo Cabrera

Tuxtla Gutiérrez Chiapas, septiembre 2017

Indice

Capitulo 1

1.1 Introducción	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 General	3
1.2.2 Específicos	3
1.3 Hipótesis.....	3
1.4 Planteamiento del problema.....	4
1.5 Justificación.....	5
1.6 Delimitaciones	6

Capitulo 2

2.1 Antecedentes: ¿Que es un sistema de Gas y Fuego?.....	6
2.2 Etapas del sistema.....	8
2.2.1 Etapa de alimentación y potencia. (Sistema no in-interrumpible).	8
2.2.2 Etapa de adecuación de señal.....	11
2.2.2.1 Características Detector de Humo.....	11
2.2.2.2 Principio de Funcionamiento DH.....	12
2.2.2.3 Características Detector de Mezcla Explosiva	15
2.2.2.4 Principio de funcionamiento DME.....	16
2.2.2.5 Características Detector de Fuego	17
2.2.2.6 Principio de funcionamiento DF	18
2.2.3 Etapa de adquisición de datos y control	19
2.2.4 Etapa de actuadores.....	21
2.2.4.1 VOS	21
2.2.4.2 Alarmas Visibles.....	22
2.2.4.3 Alarmas audibles	22
2.2.4.4 Generador de Tonos	23
2.3 Protocolos de comunicación (Serie Modbus) y normas de comunicación (RS – 232 y 485)	23
2.3 Señal analógica de 4 a 20 mA.....	23
2.4 Comunicación serial.....	24
2.4.1 Estándar RS-232 y 485.....	25
2.5 Comunicación por Modbus.....	27
2.5.1 Funciones estándar	27
2.6 Estándar OPC.....	28

Capitulo 3

3.1 Desarrollo de actividades.....	29
3.1.1 Arquitectura SICCI.....	30
3.1.2 Lazos de control.....	31

3.1.3 Fichas técnicas.....33

Capítulo 4

4.1 Conclusiones.....46

Bibliografía.....47

Anexos

Anexo 1. Arquitectura sistema SICCI.....49

Anexo 2. Lazos de control.....51

Capítulo 1

1.1 Introducción

Dada la naturaleza de los procesos y operaciones que se realizan en instalaciones de Petróleos Mexicanos y el riesgo que supone el manejo de materiales inflamables/explosivos como los hidrocarburos fósiles, esta empresa ha implementado un sistema tecnológico que permite monitorear y determinar las condiciones de riesgo y de esta manera prevenirlos o disminuirlos alertando situaciones peligrosas, con lo que aumenta la velocidad de respuesta para mitigar el percance. Así también, este sistema tiene la capacidad de poder interactuar con otros sistemas de prevención, como lo es el paro por emergencia o sistemas de aspersión de agua o espuma.

Petróleos Mexicanos precisa entonces, de un sistema de gas y fuego mediante el cual alerten, mitiguen y supriman eventos y problemas causados por fugas de gases tóxicos, flama y mezcla explosiva de hidrocarburos (siendo estos tipos de siniestros los más destacados por su magnitud) en equipos, procesos, plantas e instalaciones industriales.

En el siguiente trabajo hablaremos sobre el estudio y documentación del sistema integral de control contra incendios (SICCI) especial mente diseñado para PEMEX, tocaremos el tema del tipo de sensores industriales usados para la detección de gases (sensores de luz Infra Roja o IR), detectores de flama (sensores ópticos de luz Ultravioleta/Infra roja UV/IR y alta velocidad UV) y humo (sensores IR) en ambientes de alto riesgo, ya sea un pozo petrolero, una refinería o una terminal de almacenamiento y reparto (TAR) siendo esta última en particular el caso que se presentara. De igual manera hablaremos sobre los equipos empleados en esta área, sus características y los requerimientos técnicos mínimos solicitados por normas de referencia (NFR) establecidas por la empresa para cumplir con las actividades y objetivos de la misma. También discutiremos la arquitectura lógica empleada para el control y supervisión de los riesgos posibles a suscitarse en la planta, tales como lo es la detección de fugas o incendios y se realizara la documentación necesaria para la implementación del mantenimiento preventivo de fallas o problemas en equipos utilizados en este sistema.

La peculiaridad de este tipo de sistemas es la automatización y el grado de seguridad que aportan estos en procesos de la industria del hidrocarburo, sin embargo, por las condiciones ya mencionadas en las que se desarrolla la actividad industrial y la complejidad que contribuye la intervención de diversos subsistemas y equipos usados, se requiere de una constante supervisión y mantenimiento preventivo y en ocasiones correctivo de la planta, así como de este sistema.

Es por esto por lo que es de gran importancia el mantenimiento preventivo y la constante capacitación de los operadores en el correcto uso de las herramientas del sistema, con lo que este trabajo busca la finalidad de generar información que ayude al área de mantenimiento a prevenir una falla que pueda provocar un accidente, reduciendo pérdidas económicas, posibles contaminaciones al medio ambiente y pérdidas humanas.

En un entorno con alto riesgo explosivo o de incendio la instrumentación utilizada requiere por norma de seguridad ser a prueba de explosión, el control automático de detección de gas y fuego debe ser capaz de interactuar con los instrumentos en campo y contar con respaldos en caso de daños o mal funcionamiento de sus módulos y de la misma manera realizar acciones que combatan el percance suscitado, ya sea una fuga con o sin incendio o cualquier otro accidente posible dentro de las instalaciones así como alertar al personal al interior de estas.

Por las razones planteadas surge el interés académico de realizar un estudio descriptivo y documentar este tipo de sistema, tomando especial atención a la parte electrónica y sus implicaciones en la industria automatizada y las posibilidades que brinda en un ambiente en el que se requiera un monitoreo constante y un control de riesgos preciso. Por otra parte, en el ámbito profesional la interacción directa con la industria y la puesta en práctica de los conocimientos ingenieriles adquiridos, despiertan mayor interés al momento de realizar este tipo de trabajo y la investigación implicada para la descripción plena y completa del mismo. Así mismo este trabajo aporta información útil para la empresa en el área de mantenimiento y prevención de fallas de la TAR de Tuxtla Gutiérrez.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Desarrollar estudio documental técnico de la arquitectura lógica de un sistema automatizado de detección y alarmas de gas y fuego, así como de sus componentes, instalado en la TAR de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas con la finalidad de adquirir experiencia en campo prestando un servicio preventivo e informativo acerca del SICCI instalado en esta terminal.

1.2.2 Específicos

- Realizar estudio documental y de campo para sustentar la investigación.
- Desarrollar planos descriptivos del sistema para facilitar el acceso a la información en el área de mantenimiento.
- Generar instructivos de operación para prevenir fallas o errores humanos al momento de operar algún equipo usado en la planta para la prevención o mitigación de un incendio.
- Elaborar fichas técnicas de los equipos e instrumentos con información descriptiva.
- Redactar los resultados y conclusiones obtenidas en el diagnóstico para la prevención de fallas y mantenimiento de equipos.

1.3 Hipótesis

La prevención de daños o problemas en sistemas autónomos como lo es el SICCI devenidos de situaciones técnicas o fallas mecánicas, se desarrolla de manera más eficaz con un estudio preventivo y desarrollo de documentación, como lo son manuales e instructivos, que ayuden e informen a los operadores para el mantenimiento preventivo y correctivo de problemas en la TAR Tuxtla Gutiérrez.

1.4 Planteamiento del problema

La automatización e instrumentación en los procesos de plantas modernizadas en diferentes ámbitos industriales, como lo es la de los hidrocarburos, ha permitido los logros actuales y ha mejorado el desempeño de la explotación de las actividades de producción, sobre todo en ambientes peligrosos o de alto riesgo, es por esto que se han desarrollado sistemas automáticos enfocados en distintas áreas (alimenticia, eléctrica, hidrocarburos, etc.), “en los inicio de la industrialización, el control de operación se realizaba de manera manual, utilizando instrumentos simples como lo son manómetros, termómetros, válvulas manuales, etc., con estos pocos elementos se lograba el control del proceso, que en su tiempo fue suficiente dada la inherente simplicidad de los mismos. No obstante, el aumento gradual de la complejidad que cada uno de ellos en específico genera, oblige a la industria a crear nuevos sistemas tecnológicos de automatización por medio de los instrumentos de medición y control” (Creus, 2010, p.1). Sin embargo, este tipo de sistemas requieren de una supervisión humana para el monitoreo de la producción y mantenimiento de la planta y sus sistemas, para el correcto funcionamiento y prevención de fallas.

En esta TAR se ha realizado el mantenimiento de manera intuitiva, es decir mediante la constante inspección de los elementos de mayor riesgo a posibilidad de falla, como lo son los auto-tanques, por otra parte los sistemas más robustos que no requieren de una minuciosa inspección son olvidados y en ocasiones son atendidos hasta que se suscita la falla o problema, ocasionando con esto que los equipos se tengan que poner fuera de operación o incluso en algunos casos daño o pérdida de los mismos o sus controles, con lo que se aumenta el tiempo de respuesta del personal y del sistema en general ante un problema suscitado dentro de la planta, lo que sospecha un riesgo para la empresa y los trabajadores en ella. Aunado a la situación, cabe destacar que esta TAR está en funcionamiento desde 1983, dada la edad y la falta de actualización del sistema y sus elementos, el precedente mostrado aporta una mayor complejidad en el ámbito expuesto, pues en algunos casos los equipos siguen siendo los mismos que una vez fueron instalados.

De acuerdo a lo anterior surge una gran relevancia en el desarrollo de este tipo de estudios preventivos y descriptivos de sistemas automatizados, como lo es el SICCI, junto a su correspondiente documentación ya que, debido al mal uso o falta de mantenimiento, los equipos de los sistemas y subsistemas de este pierden su autonomía y requieren de un operario para su correcto funcionamiento, en el mejor de los casos, con lo que se contradice la filosofía de reacción del sistema contra incendios la cual indica que ante una emergencia “el factor velocidad de respuesta toma una gran importancia” en el control y mitigación de incendios o fugas, un ejemplo sería la característica del sistema en “la detección de flama

es la activación de una alarma en un rango de tiempo de 0,1 a 5 segundos y no sobre pasando un límite mayor a los 30 segundos conforme a la IEC 60849:1989.” (NRF-210-PEMEX-2013, p. 16, 39, 40).

1.5 Justificación

La importancia de este trabajo recae en proporcionar información técnica e instructiva acerca del sistema y sus componentes, con la finalidad de tener esta actualizada y que sea de utilidad para el departamento de mantenimiento ayudando en la labor de sus actividades y que a su vez ayude en la instrucción de operación de los equipos del SICCI para prevenir daños en los mismos. De la misma forma en un ámbito educativo, la importancia de documentar este sistema es evidente puesto que gracias a este tipo de trabajos se facilita información técnica relevante para los alumnos interesados en los tipos y formas de uso de instrumentos y sistemas automatizados en áreas de alto riesgo o de manejo de productos peligrosos.

Con este estudio informático se contribuye en el mantenimiento preventivo de los componentes del sistema tales como motobombas a Diesel, válvulas operadas eléctricamente y válvulas operadas por solenoide o los distintos sensores, como sensores de humo, flama y mezcla explosiva que pertenecen al sistema de detección de gas y fuego instalado en la TAR Tuxtla Gutiérrez, ya que al realizar la documentación de toda esta información actualizada el desarrollo de las obras de mantenimiento se garantiza y se soluciona la problemática de fallas ocurridas por la desinformación en el uso del sistema y sus componentes.

Esta investigación se realiza a petición del ingeniero encargado del área de mantenimiento de esta terminal, pero principalmente por el interés específico, en los sistemas instrumentados y automatizados utilizados en la industria, y el aporte que pueda proporcionar de manera individual en esta empresa, dejando también información y material relevante para cualquier otra persona interesada en esta área tecnológica y sus aplicaciones en la industria.

La pertinencia de este trabajo reitera en la prevención de fallas que puedan ocasionar un problema mayor al interior de la planta, como ejemplo un mal funcionamiento o una mala operación de una bomba en el sistema contra incendio pudiera ocasionar que el incendio se saliera de control, con este trabajo se otorgan las herramientas necesarias al área de mantenimiento, como lo son planos descriptivos del sistema y sus componentes, datos técnicos de los componentes, lazos de control del sistema, etc.

1.6 Delimitaciones

Este trabajo se enfoca y habla específicamente del Sistema Integral de Control Contra Incendio instalado en la Terminal de Almacenamiento y Reparto en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, mismo que analiza y monitorea el estado de seguridad de la planta por medio de sensores ópticos de luz infrarroja y ultravioleta para la detección de flama, mezcla explosiva y humo. Dado el tipo de sensores industriales, su alto precio y la poca disponibilidad en la planta de sensores libres o desocupados, se hizo imposible realizar una inspección y pruebas a los diversos componentes, mismos que fueron estudiados basándonos en hojas de datos e información de fabricante. De igual manera la constante marcha de la planta y la gran actividad que se desarrolla en su interior dificultó el estudio y recopilación de información.

Capítulo 2

2.1 Antecedentes: ¿Que es un sistema de Gas y Fuego?

Según la norma NRF-210-PEMEX-2013 (p. 11) “es un sistema compuesto por elementos fundamentales, un controlador electrónico programable (CEP), un tablero de seguridad y elementos finales de mitigación” lo anterior se refiere a un sistema automatizado que con la ayuda de diversos componentes realiza la supervisión, alerta y control de situaciones peligrosas, como lo es un incendio o una fuga al medio ambiente, gracias a la ayuda de componentes como sensores ópticos para la detección de luz IR o UV para la detección de flama, mezcla explosiva y humo, válvulas operadas por solenoide (VOS) para control de sistema de aspersion de agua y/o espuma y un sistema de alarmas audibles y visibles con estaciones manuales de auxilio con tres alertas (Fuego, Derrame y Accidente).

Según la misma norma el término CEP “abarca a los dispositivos basados en una o más unidades de procesamiento junto a su memoria asociada, como los microprocesadores, los micro controladores, controladores programables, circuitos integrados de aplicación específica, controladores lógicos programables (PLC's) u otros dispositivos basados en circuitos integrados de procesamiento de datos” (NRF-210-2013, p.10).

De este sistema podemos destacar su alta sofisticación y complejidad, pues para llevar el control preciso de la seguridad en el proceso de la planta, se utiliza un gran número de elementos, mismos que serán enumerados a su debido tiempo en la descripción del sistema, instalado en la TAR Tuxtla Gutiérrez, la cual es objeto de estudio de este trabajo.

Otra definición muy adecuada dice que “este sistema automatizado, es independiente del control del proceso de la planta, están diseñados a prueba de fallas, y cuenta con requisitos específicos de confiabilidad y disponibilidad, los cuales están avalados por laboratorios especializados” (Meza, J. 2014, p.9). Esto quiere decir que el sistema cuenta con respaldos en sus componentes ya que por ninguna razón este puede dejar de operar, la tolerancia a fallos se refiere a la capacidad de continuar desempeñando sus funciones con la presencia de errores o fallas, estas características son importantes puesto que el sistema de gas y fuego llamado SICCI es el responsable de la seguridad de las plantas en las que se encuentra instalado. En el siguiente diagrama se observa la estructura simple de un sistema SICCI.

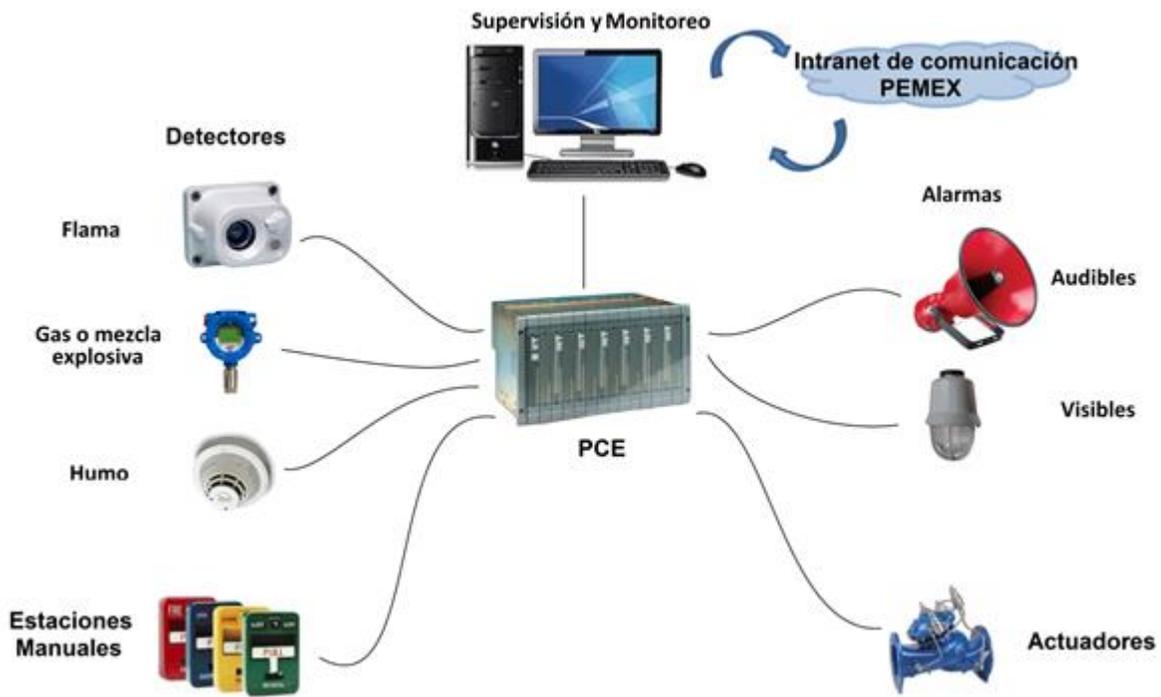


Diagrama 2. 1 Estructura simple de un SICCI

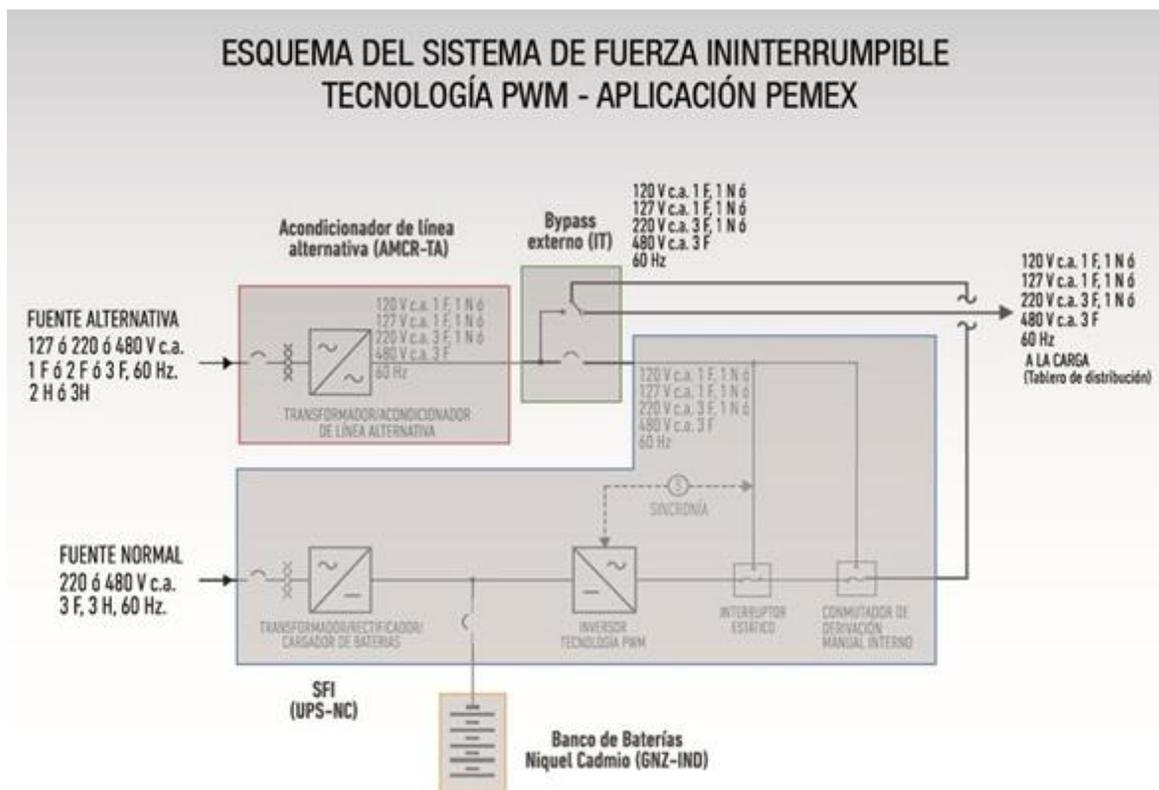
Este tipo de control permite la mínima intervención humana sin embargo no la suprime en su totalidad, puesto que se requiere que el personal encargado del área de seguridad industrial supervise el correcto funcionamiento de los distintos componentes y de igual manera proporciona una manera de activar el sistema de forma manual con las estaciones de auxilio, las cuales se encuentran en toda la planta.

2.2 Etapas del sistema

2.2.1 Etapa de alimentación y potencia. (Sistema no in-interrumpible).

De acuerdo con la especificación técnica funcional SICCI-II R indica que las Unidades de fuerza Ininterrumpibles deben proporcionar energía eléctrica suficiente y de calidad a los equipos del Sistema de Control Contra Incendios de la Planta, Unidades de Control Local, Redes de Comunicación, Servidores, Monitores, Estaciones Thin Cliente y complementarios para la funcionalidad del Sistema SICCI. En condiciones normales y de emergencia cuando la energía primaria de suministro esté fuera, en ese momento el banco de baterías de respaldo entrará para dar suministro de emergencia. Además, sirve de filtro para eliminar los picos de voltaje y basura eléctrica que la red de suministro primaria pública trae y que es dañino para los equipos.

En el siguiente esquema podemos observar las etapas que conforma el sistema ininterrumpible de potencia.



Esquema 2. 1 Sistema de fuerza ininterrumpible

Las especificaciones técnicas del equipo son:

- Rango de voltaje (tensión) de entrada 220 ó 480 ($\pm 20\%$)Vca
- Opciones de voltaje (tensión a la salida) 120, 127 ,220 ó 480 Vca ($\pm 1\%$)
- Factor de potencia 0.8 (opcional 0.9)
- Eficiencia 90%
- Distorsión de salida Menos de 3% THD (carga lineal)
- Transformador de aislamiento Entrada: 220 ó 480 Vca
Salida: 120, 127, 220 ó 480 Vca
- Protección contra sobre carga Interruptor termo magnético
- Frecuencia de operación Salida 60Hz $\pm 0.2\%$ (opcional 50Hz)

La capacidad de la UPS está calculada con base a la cantidad y consumos de los equipos que dependen de ella, se ha cumplido lo referente a la especificación Técnico Funcional SICCI donde se indica la carga máxima de 70% y como reserva el 30%. La capacidad de soporte de la carga plena cuando la energía primaria falla será de 4 horas para lo cual el banco de baterías está diseñado, las celdas están contenidas en armarios con ventilación simple, este armario se encuentra muy cerca del gabinete de la UPS.

A continuación, se presenta una tabla que relaciona los elementos alimentados por este sistema:

Descripción	Watts	VA
Thing Client Contra Incendios	132	220
Thing Client Contra Incendios	132	220
Land Switch	48.6	81
Servidor de Datos y Aplicaciones	302.4	504
Servidor de Datos y Aplicaciones	302.4	504
Gabinete de Control SICCI	2151.	3585
Generador de Tonos	14.4	24
Total	3,082.8	

Tabla 2. 1 Relación de consumo de energía y valor VA para dimensión de conductor

El valor VA en la tabla representa el valor necesario para hacer el cálculo de dimensión de cables y circuitos de protección a continuación se presenta un ejemplo de estos casos:

Equipo: Generador de Tonos

Servicio: Alimentación 120v

Circuito No. ¡REF!

Alimentación desde: UPS

Servicio eléctrico: 120

Vca., 1 FASE 60Hz.

Calculo de corriente:

$$I = \frac{VA}{V} = AMPS. \quad I = \frac{24}{120} = 0.20 AMPS.$$

Selección del interruptor de protección por sobre corriente:

$$I_{int. max.} = 170\% I_{nom.}$$

$$I_{int. max.} = 0.20 * 1.70 = 0.34 AMPS.$$

Interruptor termo magnético 1X15 Amps.

Nota: El interruptor se determina por la capacidad nominal del circuito, aunque se utilice conductores de una capacidad mayor.

Selección del calibre conductor por ampacidad

Tipo de conductor a usar: Cable de cobre con aislamiento tipo THW-LS., anti flama.

Consideraciones por agrupamiento en canalización y por temperatura ambiente.

Agrupamiento en: Tubo conduit

Cantidad de cables por canalización: 2 conductores.

Factor (Fa): 0.70

Temperatura ambiente prom.: 30° C.

Factor (Ft): 1.00

Fa es el factor de corrección por agrupamiento y Ft es el factor de corrección por temperatura mismos que fueron obtenidos de las tablas de compensación 310-16 del NOM-001-SEDE-1999, pp. 119, 120.

Calculo de la corriente equivalente

$$I_{eq} = \frac{I_{int. max.}}{F_a * F_t} = \frac{0.34}{0.70 * 1.00} = 0.49 AMPS.$$

Con el dato obtenido y la tabla 310-16 antes mencionada, el valor que corresponde al calibre próximo superior comercial No.: 14 AWG. Con una capacidad de: 20 Amps. Y una sección de cobre de: 2.082 mm².

2.2.2 Etapa de adecuación de señal

Debido a las necesidades específicas que tienen esta empresa, tanto los instrumentos en el área, así como el mismo controlador son de alta sofisticación, es por esto que los equipos son capaces de soportar diversos protocolos de comunicación sin necesidad de repetidoras o elementos de amplificación de señal, debido a que en el diseño de la electrónica estos parámetros fueron cubiertos. Como ya hemos mencionado en esta planta se emplean tres tipos distintos de detectores, los cuales son: Detectores de Humo (DH), Detectores de Mezcla Explosiva (DME) y los Detectores de Fuego (DF).

2.2.2.1 Características Detector de Humo

Los detectores de humo empleados en esta planta son de la marca GE Security (Figura 2.1) de la serie Signature, son detectores inteligentes que reúnen información recolectada de su sensor de humo fotoeléctrico convirtiendo estos datos en señales digitales. Para tomar una decisión de emisión de alarma, el microprocesador interno mide y analiza las lecturas del sensor y compara esta información con los datos históricos. Los filtros digitales eliminan los patrones de señales que no son típicos de un incendio, eliminando así prácticamente las falsas alarmas.

Corriente de operación	45 μ A
Corriente de alarma	18mA
Corriente de alarma autónoma	45 μ A
Voltaje de operación	15.20 a 19.95 VDC
Compensación Ambiental	Automático

Ambiente de operación 32 a 120° F (0 a 49° C), 0 a 39% RH, sin condensación

Otras características de este detector son:

- Tecnología de detección de humo óptica
- Cámara de humo reemplazable en el campo
- Utiliza el cableado existente
- Asignación automática del dispositivo



Figura 2. 1 Sensor de humo

- Detección de fallas de conexión a tierra por modulo
- Hasta 250 dispositivos por bucle
- Dos niveles de compensación ambiental
- Dos niveles de alarma del detector de sucio
- Veinte configuraciones pre-alarma
- Cinco configuraciones de sensibilidad
- Memoria no volátil
- Direccionamiento electrónico
- Compensación ambiental
- Identificación de detectores sucios o defectuosos
- Ajuste automático de sensibilidad para el día/noche
- LED de estado de dos colores (verde/rojo)
- Bases estándar de instalación audibles, relé y aislante de fallas

El microprocesador interno de cada detector ofrece cuatro beneficios adicionales: el autodiagnóstico y registro del historial, la asignación automática de dispositivos, un funcionamiento independiente y una comunicación rápida y estable.

Cada detector de la serie Signature ejecuta constantemente auto-verificaciones para proporcionar información importante en materia de mantenimiento. Los resultados de la auto-verificación se actualizan automáticamente y se almacenan de manera permanente en una memoria no volátil del detector.

2.2.2.2 Principio de Funcionamiento DH

El dispositivo cuenta con una cámara de humo que hace uso de la tecnología óptica ya que mediante un emisor de luz IR y un fototransistor, el detector es capaz de percibir partículas muy pequeñas tales como las generadas en un incendio, mismas que son responsables y causantes del humo. “Este bloquea el medio en el que se propaga la luz IR. También puede dispersar la luz cuando esta se refleja y refracta en las pequeñas partículas del humo. Por tanto, los detectores usan estas propiedades para el diseño de sus sensores y cámaras de humo” Acosta Ordoñez, J. J., Valverde Tejada, D. R. (2014).

En la Figura 2.2 podemos ver dos claros ejemplos de lo antes mencionado: Detector de humo por oscurecimiento y detector de humo por dispersión.

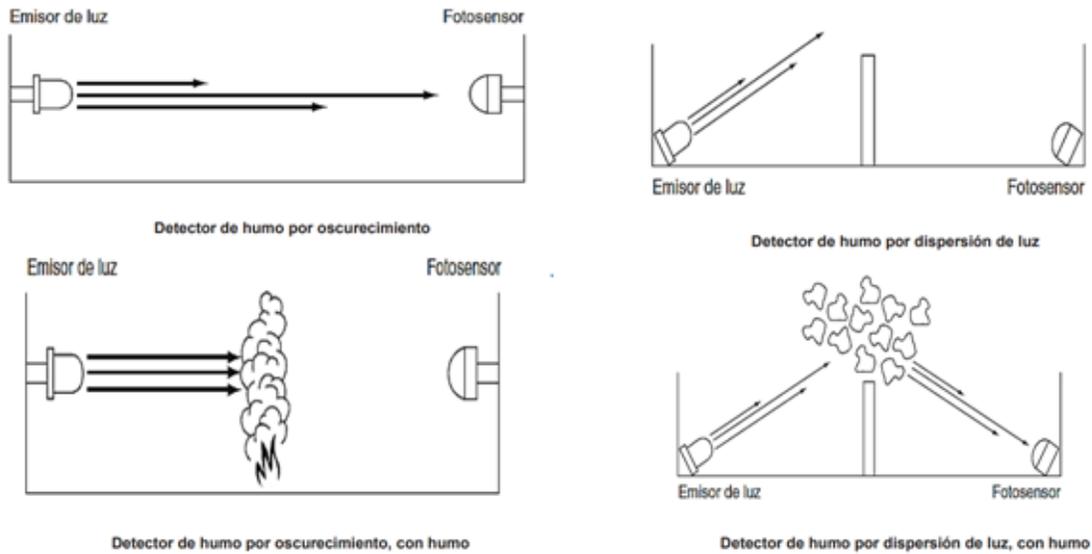


Figura 2. 2 Sensor de humo por oscurecimiento y por dispersión

Los circuitos más utilizados para la adecuación de la señal para sensores fotoeléctricos como lo son los fototransistores suelen ser por medio de arreglos de transistores o por medio de amplificadores operacionales en configuraciones de amplificación y comparación de voltaje a continuación en la Figura 2.3 mostramos 4 ejemplos más común mente usados.

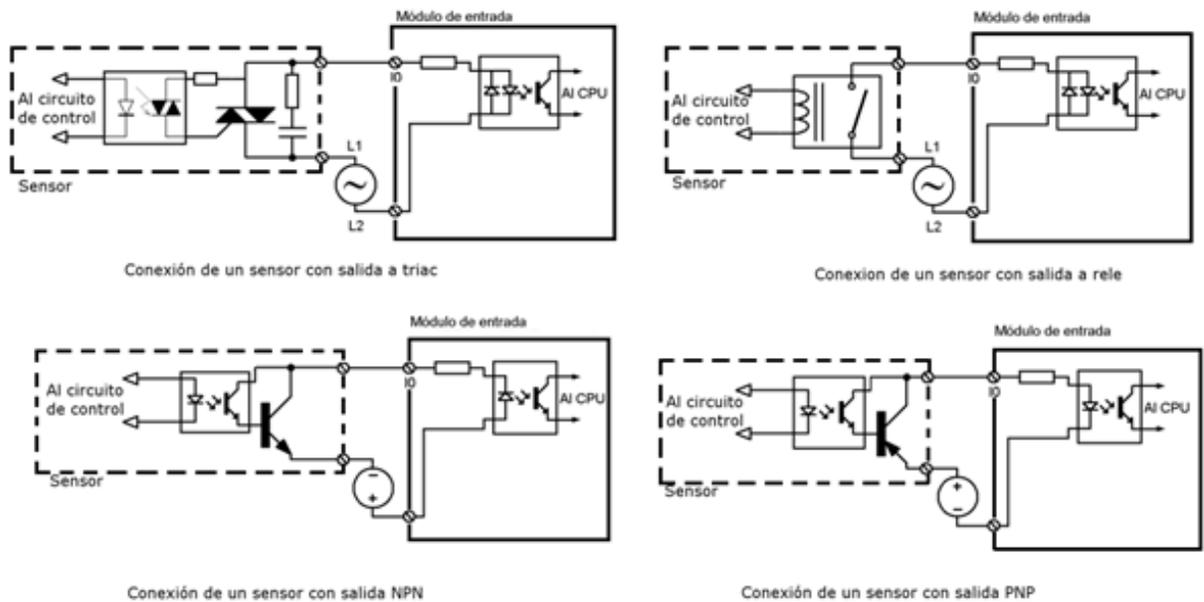


Figura 2. 3 Circuitos eléctricos con sensores fotoeléctricos salida TRIAC, Relé, transistor NPN y PNP

Otra configuración usada a menudo es la que hace uso de los amplificadores operacionales en su configuración de comparación como podemos ver en la Figura 2.4.

En el circuito anterior podemos observar que mediante un divisor de voltaje el voltaje de

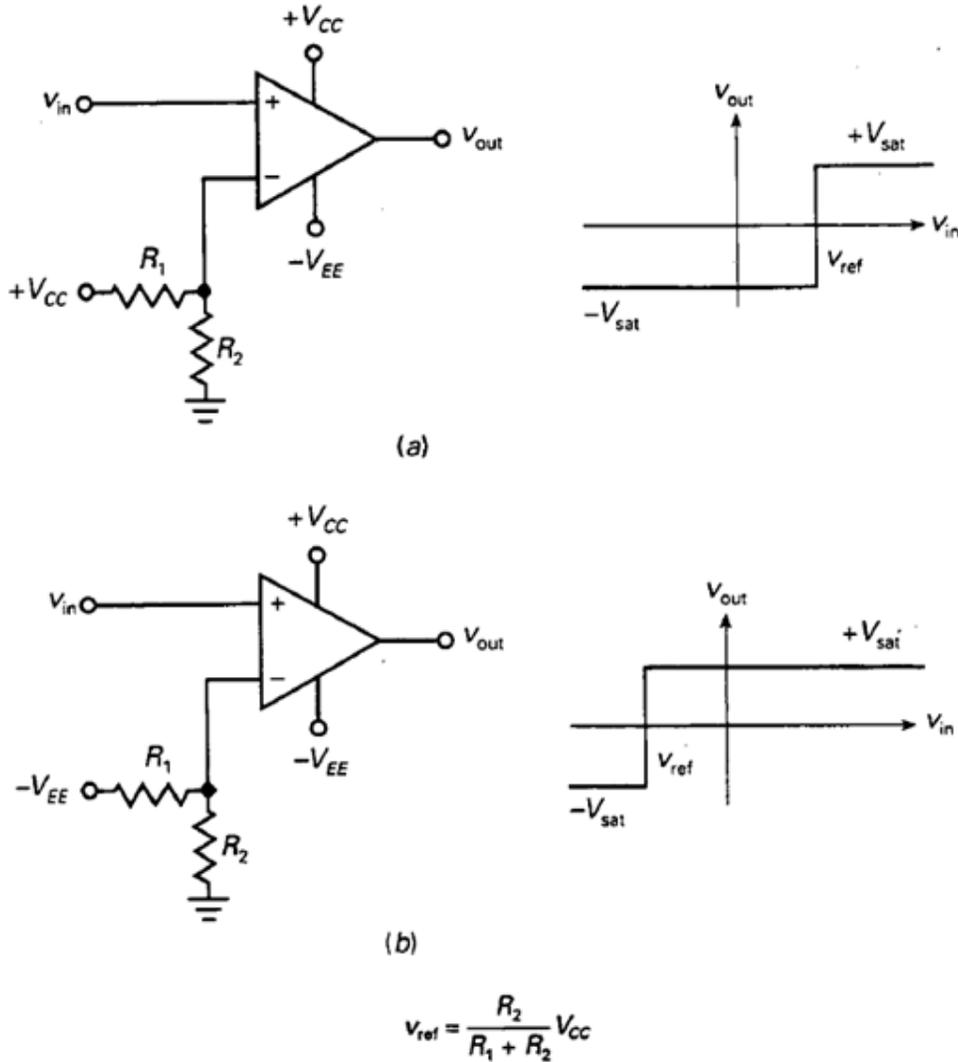


Figura 2. 4 Adecuación de señal por medio de amplificadores operacionales
a) adecuación de señal con punto de referencia positivo
b) adecuación de señal con punto de referencia negativo

referencia es diseñado a un valor específico que para nuestro caso será el necesario para la detección de humo. Otra configuración muy usada es la configuración del comparador con una sola fuente de alimentación, en esta configuración el amplificador es conectado a tierra por la parte de alimentación negativa $-V_{EE}$ y alimentado a $+V_{CC}$ con el positivo de la fuente, el resultado lo podemos observar en la Figura 2.5.

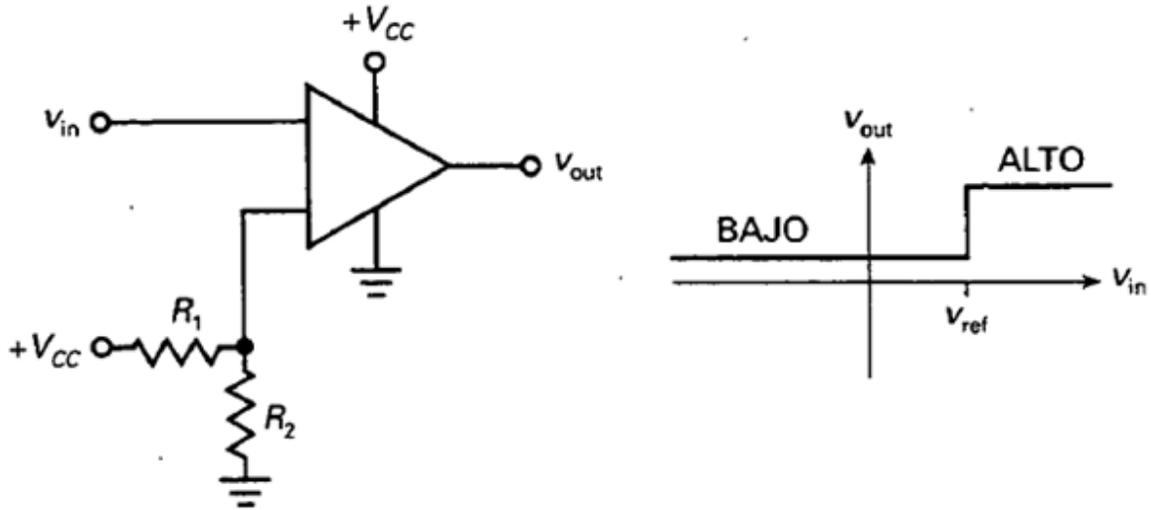


Figura 2. 5 Adecuación de señal con amplificador operacional y una sola alimentación

2.2.2.3 Características Detector de Mezcla Explosiva

El transmisor infra-rojo GasPlus-IR 24VCD (Figura 2.6) usa tecnología de absorción infrarroja para monitorear el nivel de combustible hidrocarburo en la atmosfera alrededor y transmite una señal analógica de (4-20 mA) o señal digital Modbus que es proporcional a la medida de concentración. La señal de salida es lineal para el gas específico que está midiéndose.



Figura 2. 6 Sensor de mezclas explosivas

La tecnología IR ofrece mayores ventajas en comparación con otros métodos de medición de gases hidrocarburos como lo son los sensores catalíticos o los sensores electroquímicos a continuación, presentamos una lista de estas ventajas:

- No necesita mantenimiento constante
- El sensor no se satura en altas concentraciones de gas
- En comparación con el catalítico no necesita oxígeno para su funcionamiento
- Continua supervisión de fallas
- Vida útil del sensor mayor a los demás tipos de sensores
- Mayor velocidad de respuesta ante la detección
- Los efectos de temperatura y humedad son mínimos
- Múltiples opciones de salida 4-20mA y RS/485(Protocolo Modbus) salidas.
- Bajo costo

2.2.2.4 Principio de funcionamiento DME

La propagación de radiación infrarroja de un emisor pasa a través de un volumen de gas, después es reflejado por un espejo a dos detectores fijos. Un detector es sintonizado a una longitud de onda que es absorbida por el hidrocarburo o CO₂, mientras el otro detector es sintonizado a una longitud de onda cercana que no es absorbida. La proporción de salida de voltaje de los dos detectores es usada para calcular la concentración de gas. Este sensor está basado en la absorción de energía de los compuestos a una determinada longitud de onda, normal mente en el infrarrojo.

Después el instrumento usa un algoritmo de gas específico para linealizar la señal. La cantidad de absorción infrarroja es diferente entre cada gas, la sensibilidad del instrumento variara según cada gas. Por ejemplo, un instrumento configurado para detectar metano (con menos absorción de radiación infrarroja que la mayoría de los hidrocarburos), producirá una lectura alta cuando sea expuesto a la mayoría de los otros gases combustibles.

En la Figura 2.7 podemos observar un ejemplo del funcionamiento de este tipo de sensores, a medida que aumenta la concentración del gas, se absorbe más radiación y la señal del receptor se reduce, esto quiere decir que “la concentración de gas es directamente proporcional a la cantidad de energía absorbida y esta absorción viene determinada por la ley de Lambert-Beer” PRAXAIR (2015). La ley de

Bouguer Lambert Beer es utilizada en el campo de la óptica y básicamente trata sobre la forma en la que la materia absorbe luz, en concreto luz con cierto ancho de banda, como la infrarroja.

“a medida que la luz atraviesa un medio que la absorbe, la cantidad de luz absorbida en cualquier volumen corresponde a la intensidad de luz que incide, luego se multiplica por el coeficiente de la absorción” Herrera A. (2014).

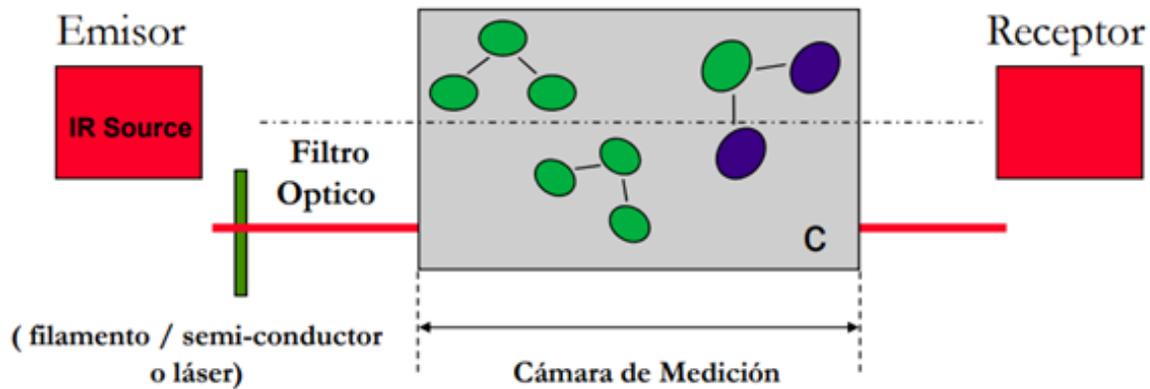


Figura 2. 7 Sensor de mezclas explosivas por medio óptico

Este tipo de detector es sensible a gases que están compuestos por distintos tipos de átomos como lo son: los hidrocarburos (C_nH_{2n+2} , C_nH_{2n} y C_nH_{2n-2}), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), metano (CH_4) y dióxido de azufre (SO_2) sin embargo, los no percibirá gases que contengan un solo tipo de átomo como el oxígeno (O_2), hidrogeno (H_2), helio (He), cloro (Cl_2), etc.

2.2.2.5 Características Detector de Fuego

Los Omniguard Modelo 660 (Figura 2.8) son detectores de flama basados en óptica, autónomos, controlados por micro controlador, usan detectores de flama ultravioleta/infrarrojos (UV7IR) y ultravioleta de alta velocidad. Este detector de flama es compatible con la mayoría de los paneles de alarma sin la necesidad de un controlador. Toda la electrónica está dentro de una cubierta de aluminio libre de cobre, resistente a altas temperaturas.

Características estándar:

- Basado en microprocesador
- Tiempo de retardo ajustable por el usuario

- Sensibilidad ajustable
- Relés N.C. o N.A. ajustable por el usuario
- Led indicador: Fuego (Rojo), Falla (ámbar), Operación normal (ámbar intermitente)
- Voltaje transitorio de protección
- Interfaz de usuario direccionable RS485
- El bloque terminal acepta cables calibre 22 a 12 AWG

Este detector cuenta con una velocidad de respuesta alta ya que a una señal de saturación tiene una respuesta de 50 milisegundos, un segundo típico de un fuego a 50 pies, dos segundos o menos a 100 pies, tres segundos o menos a 250 pies, campo de visión horizontal de 120 grados y vertical 80 grados. El tiempo de respuesta y la distancia pueden cambiar por el viento, humo y el ángulo de visión.



Figura 2. 8 Sensor óptico para detección de fuego

2.2.2.6 Principio de funcionamiento DF

Este dispositivo es un detector multi-espectro que provee un alto grado de discriminación detectando espectros de emisión de llama ampliamente separados los cuales se encuentran en hidrocarburos y en sustancias específicas no relacionadas con los hidrocarburos, sofisticado procesamiento de señal lograda por tecnología de micro procesamiento, los sensores y las superficies ópticas se logran utilizando guías de luz, los sensores están calibrados por una fuente de luz interna por lo que se puede determinar si las ventanas del detector han sido contaminadas u obstruidas hasta un

punto ciego. Esta auto interrogación se realiza un mínimo de 4 veces por hora, por lo que proporciona lo último en confiabilidad de detección de incendios.

En la Figura 2.9 podemos observar el espectro de luz y los rangos que este detector puede percibir, también podemos observar dos ejemplos de cómo se crean los picos de radiación en el lado derecho.

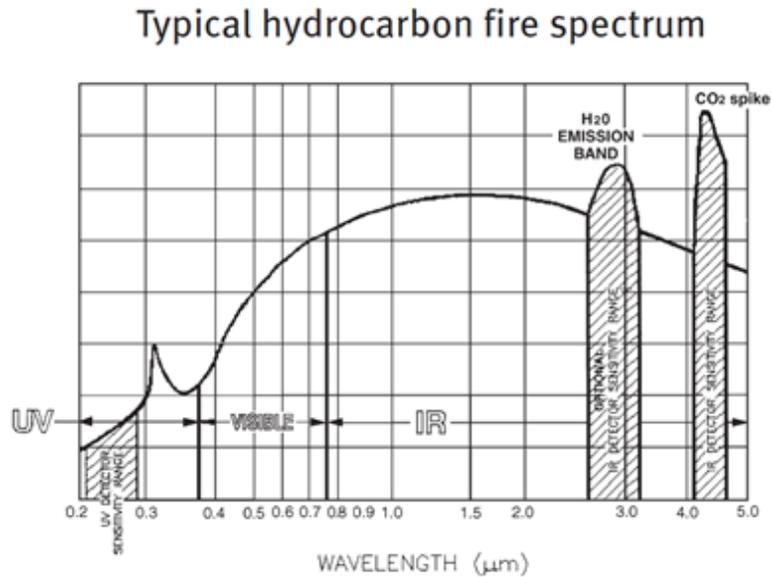


Figura 2. 9 Espectro típico del fuego por hidrocarburo

2.2.3 Etapa de adquisición de datos y control

Para el control del sistema se usa un CPE o controlador programable electrónico, el modelo ROCWELL ICS Triplex Trusted TMR ES, de la marca Rocwell empresa fundada desde 1904 y dedicada a la automatización e informática, el sistema Triple Modular Redundante TMR incorpora tecnología de tolerancia a falla implementada en hardware HIFT, los programas y aplicaciones para el sistema Trusted son desarrollados con el uso del software IEC1131 Toolset, en la Figura 2.10 podemos ver una captura de pantalla de la interfaz del programa.

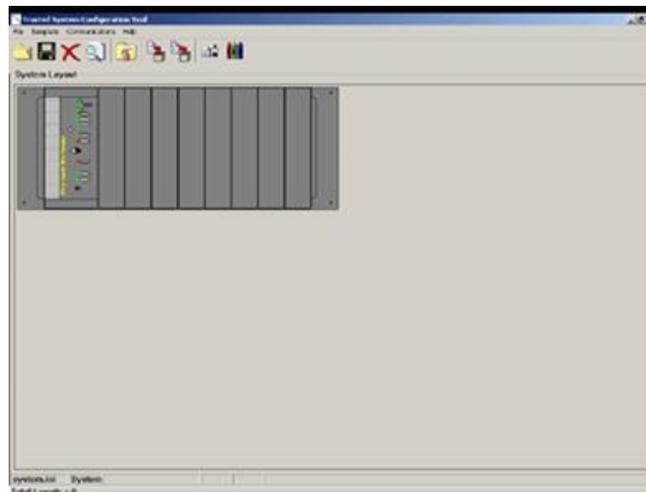


Figura 2. 10 Captura de pantalla software toolset

Las especificaciones dominantes del modelo son:

- Diseñado para niveles de seguridad SIL 3
- Tolerancia a falla
- Diseñado para la industria
- Programación con computadora estándar
- Sistema triplicado y tolerante a fallas
- Canales analógicos con convertidores analógicos/digitales individuales
- Salidas digitales sin necesidad de fusibles
- Resolución de secuencia de eventos de 1ms
- Amplia variedad de protocolos de comunicación (Modbus, OPC, Serial, Ethernet)
- Punto de falla no individual
- Aislamiento automático de fallas sin degradación del desempeño
- Reemplazo de módulos en directo (sin necesidad de des-energizar ni detener el sistema)
- No se requiere una programación especial para coordinar la triplicación del sistema



Figura 2. 11 PLC Rocwell ICS Triplex

Este controlador (Figura 2.11) está compuesto por un chasis para el controlador, uno para las expansiones (módulos de expansión), y uno para el sistema de potencia, los módulos de comunicación pueden ser instalados en el chasis de expansión o en el del controlador, un chasis de controlador puede alojar un procesador principal y uno de respaldo así como 8 módulos más de entradas o salidas, en cambio en el

chasis de expansión se puede instalar un procesador de expansión, uno de respaldo y hasta 12 módulos de entradas o salidas, “para poder energizar estos módulos y las terminales en campo el chasis de potencia cuenta con las fuentes de alimentación que para el caso TRUSTED es de 24 Vcd” Meza Soria, J. R. (2014).

2.2.4 Etapa de actuadores

En esta parte hablaremos sobre los tres tipos de actuadores que existen en la planta, los cuales son, válvulas operadas por solenoide (VOS), alarmas visibles (AV) y alarmas audibles (AS) que para estas últimas necesitan de un paso intermedio o controlador, y este es un generador de tonos.

2.2.4.1 VOS

Las válvulas con solenoide de la marca Bermad modelo 710 (Figura 2.12) son válvulas de control de operación hidráulica, activada por diafragma que se abre o se cierra completamente en respuesta a una señal eléctrica, algunas de sus características: son impulsadas por la misma presión en línea, control por solenoide, mantenimiento sencillo, cámara doble, flujo semirecto, cuerpo ancho en “Y” o angular, diseño flexible.



Figura 2. 12 Válvula electroneumática Bermad 710

Especificaciones del sistema piloto:

Solenoides

Cuerpo: Latón o acero inoxidable

Elastómeros: NBR o FPM

Envoltura: Epoxy moldeado

Voltaje:

(CA) 24, 110-120, 220-240, (50-60Hz)

(CC) 12, 24, 110, 220

Consumo de energía: (CA) 30 VA, corriente de entrada, 15 VA (8W), corriente de retención o 70 VA, corriente de entrada; 40 VA(17.1W), corriente de retención. (CC) 8-11.6 W.

2.2.4.2 Alarmas Visibles

Estas alarmas están diseñadas a prueba de explosión con un domo de cobertura y una estructura metálica a prueba de golpes, la lámpara usa un bulbo de alógeno de 20W, de rápida conexión y fácil instalación, son de la marca Edwards Signaling & Security Systems, cuenta con cobertura epoxy para prevenir corrosión.



Colores disponibles:

Rojo, ámbar, azul, verde, magenta, y blanco

Rango eléctrico:

24 – 28 Vcd

Consumo de corriente:

0.8 Amp

Figura 2. 13 Alarma visual Edwards Signaling

2.2.4.3 Alarmas audibles

Los amplificadores Federal Signal modelo ASHX son diseñados para producir tonos claros y sistema de notificaciones de alarmas. Este altavoz amplificador puede emitir tonos generados por una tarjeta de tonos instalada en la bocina o por una fuente central de tonos de voces de evacuación. El cono de la bocina está construido de aluminio corrugado. El amplificador de estado sólido está protegido por una cobertura de aluminio.

Características

Alimentación: 24 Vcd

4 cables para la supervisión de poder

Consumo de corriente: 0.7 Amp

Decibeles: 110 – 120 dBa



Figura 2. 14 Alarma sonora Federal Signal

2.2.4.4 Generador de Tonos

El generador de tonos pre grabados, mensajes de voz, melodías, tonos y señales y direcciones públicas de la marca Federal Signal Figura 2.15 es un dispositivo de alta calidad que es activado remotamente vía cierre de contactos. El sistema digital de control junto a la memoria no volátil se encuentra bajo una cubierta de protección que otorga mayor robustez al sistema. Melodías, mensajes de voz, tonos y señales son disponibles, incluyendo una librería de mensajes pregrabados. Puede almacenar seis mensajes de voz, melodías, tonos y señales. El diseño acepta multi voltajes 24Vcd 120Vca o 240Vca.

Voltaje	Corriente de operación
24Vcd	0.8 Amp
120Vca 50/60Hz	0.2 Amp
240Vca 50/60Hz	0.10 Amp
Entrada de audio:	5KOhms
Voltaje de entrada:	1V P-P
Respuesta a frecuencia de señal:	250Hz a 3.4KHz
Proporción de ruido señal:	67dB



Figura 2. 15 Generador de tonos Federal Signal

2.3 Señal analógica de 4 a 20 mA

En las características de los diversos instrumentos notamos que la salida analógica se refiere a un valor de 4-20 mA, esto se conoce como bucle de corriente y se ha usado en amplias aplicaciones de automatización industrial pues es un estándar común entre fabricantes, sin embargo, ha sido desplazado por otros métodos de comunicaciones digitales como lo son las conexiones en serie por medio de protocolos como lo son el RS-232 o el RS-485.

Técnicamente un valor menor a 4 mili Amperes representara un 0% y un valor entre 4 y 20 representara un valor entre 0 y 100%, esta señal también puede utilizarse en el control de posición o de velocidad con variadores de velocidad, en el que 4 mili Amperes o menos representarían un motor en

posición de 0 grados o en velocidad 0 y 20 mili Ampers representaría un motor en posición de abierto sean los grados a los que está diseñado, como ejemplo diremos 180 grados o en la velocidad máxima lograda por el variador de velocidad.

Por lo tanto, esta señal puede ser utilizada para solicitar variables de estado o enviar comandos a un elemento final de control, tal es el caso del control de apertura de una válvula, la cual puede abrir en un porcentaje de 0 a 100 siendo la Tabla 3.1 la relación de la señal y el porcentaje de apertura de la válvula.

Porcentaje de apertura	Señal análoga proporcional
0	4 mA
10	5.6 mA
20	7.2 mA
30	8.8 mA
40	10.4 mA
50	12 mA
60	13.6 mA
70	15.2 mA
80	16.8 mA
90	18.4 mA
100	20 mA

Tabla 2. 2 Relación porcentaje de apertura y 4 a 20 mA proporcional

Una característica que se ha de tener en cuenta es que la máxima distancia de transmisión es de 450 metros y la velocidad de 9600 bps, “distintos tipos de acoplamiento pueden ser utilizados en la conexión de sensores con salidas análogas 4 – 20 mA, optoacopladores y relés entre otros” Néstor Gabriel, F. S. (2012).

2.4 Comunicación serial

Dentro de los métodos de comunicación digital, la comunicación serial es un método muy conocido y de uso extendido en diversos equipos y dispositivos, se le llama serial por que la información se recibe por medio de trenes de impulsos, o impulsos en serie uno tras de otro, la comunicación RS-232 también es de tipo serial ya que los bits vienen uno tras de otro. A diferencia del bucle de corriente, la comunicación serial es muy utilizada por las ventajas que posee ya que, a diferencia de la analógica, presenta mejores alcances y velocidades.

Como ya se ha dicho, este método de comunicación es muy sencillo y permite mayores distancias sin presentar interferencias o pérdidas de datos, lo que permite conexiones de hasta 1200 metros de distancia, para realizar la comunicación se utilizan 3 cables, o líneas de transmisión: tierra o referencia, transmisor y receptor. Este tipo de comunicación es asíncrona, lo que permite enviar información por un conductor y recibir simultáneamente información por el otro conductor. La configuración mínima de este método sería mediante dos conductores, uno de masa o referencia y uno de datos para realizar una transmisión de datos en una sola dirección (half dúplex).

En la comunicación encontramos 4 tipos de bits distintos, el bit de inicio, bit de parada, bit de paridad y bit de datos, el bit de inicio es el encargado de alertar al receptor del inicio de la transmisión, a partir de aquí el receptor está programado para leer los datos del conductor a distancias concretas en el tiempo, en función de la velocidad programada para esa conexión. El bit de parada al contrario del bit de inicio indica cuando la transmisión ha terminado. El bit de paridad sirve para detectar errores en la transmisión, existe paridad par o impar, y se refieren al bit complementario para que la longitud total del mensaje sea par o impar, los bits de datos, se refiere a la cantidad de bits del mensaje, cuando el equipo envía un mensaje o paquete, no necesariamente tendrá que ser de 8 bits, el número de bits que sean enviados dependerá del tipo de información contenida en el paquete.

2.4.1 Estándar RS-232 y 485

La EIA (Electronic Industries Association) desarrollo un protocolo de comunicación con la intención de transferir datos a través del uso de líneas telefónicas de voz, este protocolo llamado RS-232 utiliza un medio asíncrono, lo cual significa que el emisor y el receptor cuentan con relojes independientes, pero para que la comunicación se de ambos tienen que tener la misma frecuencia, la velocidad programable se encuentra entre los 50 y 19,200 baudios por segundo.

La comunicación serial se da por medio de un cable DB9 en un extremo una punta hembra y en el otro una punta macho, cuenta con 9 pines, otro conector comúnmente usado es el DB25, el método serial RS-232 puede ser directo cuando se realiza sobre una banda base digital, la norma de la EIA, define un margen de tensión de 3 a 15 volts para el cero lógico y de -3 a -15 volts para el uno lógico. En la Tabla 2.3 se observa los pines más importantes del conector DB 9 usados en el protocolo RS-232 y en la Tabla 2.4 se muestra los pines más importantes del conector DB 25.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 9
1			Tierra de Chasis	
2	RXD	E	Recibir Datos	
3	TXD	S	Transmitir Datos	
4	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
5	SG		Tierra de señal	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	RTS	S	Solicitud de Envío	
8	CTS	E	Libre para Envío	
9	RI	S	Timbre Telefónico	

Tabla 2. 3 Pines más importantes del conector DB 9

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 25
1			Tierra de Chasis	
2	TXD	S	Transmitir Datos	
3	RXD	E	Recibir Datos	
4	RTS	S	Solicitud de Envío	
5	CTS	E	Libre para Envío	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	SG		Tierra de señal	
8	CD/DCD	E	Detector de Portadora	
15	TxC	S	Transmitir Reloj	
17	RxC	E	Recibir reloj	
20	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
22	RI	S	Timbre Telefónico	
24	RTxC	S/E	Transmitir/Recibir Reloj	

Tabla 2. 4 Pines más importantes del conector DB 25

A diferencia de la norma anterior, la RS-485 cuenta con una señal de alta impedancia o tercer estado, a parte de las señales de comunicación digital como el cero y uno lógico, con lo cual es posible conectar más de un emisor en la red hasta 32 emisores con 32 receptores en transmisión doble simultanea full dúplex, gracias a las velocidades permitidas se obtiene que la longitud máxima del cable puede ser de 1200 metros a una velocidad de 10 Mbps, la norma define conexiones y terminales RJ11 por lo cual existe mayor resistencia a efectos electromagnéticos y permite mayor velocidad de transmisión que la medida anterior.

“Las características eléctricas son el uno lógico se encuentra en el rango de -1.5 a -5 volts y el cero lógico entre 0.2 y 12 volts, permitiendo una máxima y una mínima tensión de -7 a 12 volts”. Néstor Gabriel, F. S. (2012).

2.5 Comunicación por Modbus

El protocolo industrial Modbus fue desarrollado para posibilitar las comunicaciones entre los dispositivos de automatización, el protocolo se ha expandido para incluir implementaciones a través de protocolo serial, TCP/IP y el User Datagram Protocol (UDP), Modbus es un protocolo de comunicación basado en un sistema maestro/esclavo que funciona por solicitudes y respuestas. La Unidad de Datos de Protocolo o PDU consta de un código de función de un byte seguido de hasta 252 bytes de funciones específicas.

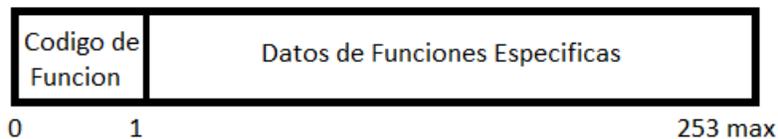


Figura 2. 16 PDU Modbus

2.5.1 Funciones estándar

La definición de cada código de función estándar está en la especificación, incluso para los códigos de funciones más comunes existen discrepancias entre las funciones habilitadas en el maestro y lo que el esclavo puede manejar, para solucionar esto, las versiones anteriores de la especificación Modbus TCP define tres clases de conformidad:

- Códigos clase 0: son los códigos mínimos para un dispositivo Modbus útil, permiten a un maestro leer o escribir datos.
- Códigos clase 1: son los códigos necesarios para tener acceso a todos los tipos de modelos de datos.

- Códigos clase 2: son funciones más especializadas que son implementadas con menos frecuencia.

2.6 Estándar OPC

OPC (Ole Process Control) es un estándar abierto de conectividad industrial, basado en los estándares más populares del mundo, el cual fue creado para solventar la problemática creada por los diversos protocolos propietarios de equipos utilizados en procesos automatizados ya que, al ser distintos entre sí, se requerían de drivers específicos que se encargaran de la comunicación entre componentes con protocolos de comunicación distintos, este estándar elimina la necesidad de drivers con lo cual abarata el costo y diseño de Software y Hardware industrial, logra integrar múltiples sistemas que soporten OPC.

Este estándar proporciona un método de comunicación para registrar información de una fuente y comunicarlo a los diversos clientes. Proporciona una interface entre servidor y clientes, para poder tener acceso a los dispositivos. Prolonga la vida de los sistemas antiguos, pues en la mayoría de los casos cuando un fabricante actualiza o crea nuevas versiones de sus componentes, los sistemas antiguos van quedando obsoletos pues las nuevas actualizaciones ya no interactúan con las viejas, OPC ayuda a brincar este obstáculo ya que, una vez se ha configurado un Servidor para el sistema, permite la comunicación con cualquier aplicación Cliente que soporte OPC, sin tomar en cuenta si la aplicación puede comunicarse o no con el sistema antiguo.

“Los datos usados más comunes son: Datos de tiempo real, datos históricos y Alarmas y eventos, a su vez estas categorías soportan una amplia gama de datos, como lo son enteros, arreglos, cadenas, de punto flotante, etc. Un servidor OPC es capaz de conectarse con un gran número de dispositivos o fuentes de datos que como característica necesaria puedan ser leídos o escritos por medios electrónicos”, Darek, K., Alberta, C. (2009).

Capítulo 3

3.1 Desarrollo de actividades

En el desarrollo de este proyecto se hizo un análisis del sistema comenzando por revisar la información que el área de mantenimiento proporciono para tal finalidad, una vez se tuvo pleno entendimiento y conocimiento de la situación actual del sistema se prosiguió a la verificación de la información, encontrando graves errores de desigualdades entre planos, con lo que se dio la tarea de actualizar esta información, comenzando por rediseñar el diagrama de la arquitectura del sistema, agregando información necesaria para la ayuda de las actividades en el área de mantenimiento, este plano se hizo con la finalidad de hacer una copia a gran escala y mantenerla en un muro para así poder acceder a la información, en este trabajo se encuentra en el Anexo 1. Arquitectura del sistema SICCI, plano que fue realizado para la TAR Tuxtla Gutiérrez, basado en información proporcionada por el área de mantenimiento.

En la Figura 3.1 se muestra el resultado final del diseño de plano: Arquitectura del sistema SICCI, enumerando cada componente implicado en el funcionamiento de este proceso y sus diversas tareas, así también se hace un recuento de la posición de cada componente y una breve descripción en cuanto a los mismos componentes, como lo es el detector de humo o los detectores de mezcla explosiva, se incluyen datos como tipo de alimentación, tipo de señal y protocolo de comunicación.

Cabe mencionar que la arquitectura del sistema está realizada de forma diagrama, en el que la importancia de componentes va de mayor a menor de arriba abajo y de izquierda a derecha, en la primera zona superior encontramos el sistema de respaldo de energía, el cuarto de control y la jefatura de seguridad industrial, estas dos últimas con estaciones de control y monitoreo del sistema. En la siguiente zona encontramos un Lan Switch y el PLC junto a una señal de paro por emergencia, el primer componente se encarga de la gestión de las vías de comunicación, es el puente de comunicación entre las terminales de control y el PLC y sus terminales en el área de trabajo. En esta misma zona encontramos el PLC quien se encarga del control y monitoreo de situaciones de riesgo como lo es un incendio o una fuga, este dispositivo tiene la capacidad de comunicación a través de diversos métodos como lo es Modbus Serial RS-485 y por último el paro por emergencia el cual se activa de manera remota por medio de botoneras dispuestas especialmente para este trabajo, el cual consiste en activar el sistema de manera manual en caso de ser necesario.

Como ya se mencionó, este diagrama se encuentra de tamaño más ampliado en el Anexo 1. Arquitectura del sistema SICCI.

3.1.2 Lazos de control

Una vez terminado fue necesario realizar el plano de la arquitectura del Sistema de Monitoreo y Control de Operación en Terminal (SIMCOT) a petición del ingeniero encargado del área de mantenimiento, simultáneamente se realizó la actualización de los planos de lazos de control del sistema SICCI, estos planos se encuentran en el Anexo 2. Lazos de control. En la Figura 3.2, se muestra un ejemplo de los planos realizados para esta tarea, las versiones completas se encuentran en el Anexo 2. Lazos de control. En las figuras se encuentran representados los transmisores de presión, detectores de mezcla explosiva, detectores de humo, detectores de fuego y las estaciones manuales de emergencia, las cuales cuentan con tres interruptores para tres emergencias, las cuales son: Fuego, Derrame y Accidente.

En estos diagramas se representan todos los elementos periféricos que participan en el control de fugas e incendios del sistema, tales como alarmas visuales y sonoras, estaciones manuales, válvulas operadas por solenoide para el sistema de aspersion de agua y el sistema de espuma, sensores ópticos de detección de fuego por luz ultra violeta y luz infra roja, detectores de humo y detectores de mezclas explosivas y transmisores de presión. Se agrego también información del conexionado en módulos de entradas/salidas del chasis de expansión del PLC, indicando número de circuito, pines de conexión y tablilla de conexión. En estos diagramas aparece la representación del generador de tonos, quien es responsable de reproducir los mensajes de alarmas pregrabadas mismas que son activadas por señales digitales desde el PLC.

3.1.3 Fichas técnicas

Finalizado ese trabajo se prosiguió a la elaboración de fichas técnicas con información actualizada de los componentes del sistema, ya que esta información era exclusiva de un área distinta, perteneciente a la misma empresa, pero de carácter nacional, la cual se encarga de la reparación, calibración y distribución de piezas de repuesto, razón por la que se contaba con escasos manuales o instructivos con información relevante acerca de los componentes incluso esta poca información se encuentra en inglés, dificultando aún más las tareas de reparación o mantenimiento.

Estas fichas técnicas se realizaron a partir de la traducción de las hojas de datos de los componentes e información recopilada en internet y páginas de fabricantes, la información más saliente de cada instrumento, la cual está representada de manera breve, y una pequeña reseña a manera de complemento, estas fichas se encuentran divididas en grupos según sus subsistemas de la siguiente manera:

- Subsistema: Controlador de sistema.
- Subsistema: Detección de fuego en tanques. (TRIM)
- Subsistema: Control equipo de bombeo y motores contra incendio.
- Subsistema: Detección de mezcla explosiva.
- Subsistema: Detección de fuego.
- Subsistema: Detección de humo.
- Subsistema: Alarmas visuales, sonoras y estaciones manuales de auxilio.
- Subsistema: Válvulas eléctricas operadas por solenoide para contra incendio.

En las siguientes páginas se incluyen las fichas técnicas de los instrumentos y componentes del sistema que se realizaron para este trabajo.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Controlador de sistema.	Documento No. 1	

PLC (Controlador Lógico Programable)

Marca: Triplex

Modelo: Trusted

Tipo de señal: Red

Alimentación: 120 Vca.



PLC TMR (Triple Modular Redundant), incorpora tolerancia a fallos, el sistema soporta una variedad de configuraciones de comunicación, incluyendo sistemas en red, OPC, Modbus y comunicación punto a punto, nivel de integridad SIL 3, para ambientes industriales, sistema triplicado y tolerante a falla evidente al usuario, cuenta con módulo de alimentación de 24 Vcd.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Detección de fuego en tanques. (TRIM)	Documento No. 2	

ITP (Indicador transmisor de presión)

Marca: Enderss + Hauser

Modelo: PMP71-TBC1PB1RAADU

Tipo de señal: Análoga de 4 – 20 mA.

Alimentación: 24 Vcc.

Rango de temperatura ambiente:

Sin display LCD: -40°C a +85 °C (-40°F a +185 °F).

Con display LCD: -20°C a +70 °C (-4°F a +158°F).

Rango de temperatura de proceso: -40°C a +125 °C (-40°F a +257 °F).

Rango de medida: De -400/0 a 400 mbar (-1.5/0 to 1.5 psi) a 1/0 a 40 bar (-15/0 a 600 psi).

OPL: Max. 1050 bar (15750 psi).

Precisión de referencia: Arriba de $\pm 0.05\%$.

El transmisor de presión digital Cerabar PMP71 con membrana metálica se utiliza normalmente en aplicaciones de proceso para la medición de presión, nivel, volumen o masa en líquidos. El equipo PMP71 está diseñado para aplicaciones de alta presión hasta 700 bar. Configuración rápida con rango de medida libremente ajustable sin especificación de presión. Diseñado según la norma IEC 61508 para uso en sistemas de seguridad SIL2/3 y disponible con el certificado de partes según la directiva sobre instrumentos de medición (MID) para aplicaciones de Custody Transfer (facturación).



	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Control equipo de bombeo y motores contra incendio.	Documento No. 3	

ITP-A (Indicador transmisor de presión de agua)

Marca: Enderss + Hauser

Modelo: PMP71-TBC1PB1RAADU

Tipo de señal: Análoga de 4 – 20 mA.

Alimentación: 24 Vcc.

Rango de temperatura ambiente:

Sin display LCD: -40°C a +85 °C (-40°F a +185 °F).

Con display LCD: -20°C a +70 °C (-4°F a +158°F).

Rango de temperatura de proceso: -40°C a +125 °C (-40°F a +257 °F).

Rango de medida: De -400/0 a 400 mbar (-1.5/0 to 1.5 psi) a 1/0 a 40 bar (-15/0 a 600 psi).

OPL: Max. 1050 bar (15750 psi).

Precisión de referencia: Arriba de $\pm 0.05\%$.



El transmisor de presión digital Cerabar PMP71 con membrana metálica se utiliza normalmente en aplicaciones de proceso para la medición de presión, nivel, volumen o masa en líquidos. El equipo PMP71 está diseñado para aplicaciones de alta presión hasta 700 bar. Configuración rápida con rango de medida libremente ajustable sin especificación de presión. Diseñado según la norma IEC 61508 para uso en sistemas de seguridad SIL2/3 y disponible con el certificado de partes según la directiva sobre instrumentos de medición (MID) para aplicaciones de Custody Transfer (facturación).

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Control de equipo de bombeo y motores contra incendio.	Documento No. 4	

ITPD (Indicador Transmisor de Presión Diferencial)

Marca: Enderss + Hauser

Modelo: PMD75-TBC7HB1DADU

Tipo de señal: Análoga de 4 – 20 mA.

Alimentación: 24 Vcc.

Rango de temperatura ambiente:

Sin display LCD: -50°C a +85°C (-58°F a +185°F).

Con display LCD: -20°C a +70°C (-4°F a +158°F).

Rango de temperatura de proceso: -40°C a +85°C (-40°F a +185°F).

Rango de medida: De -10 a +10 mbar (-0.15 a +0.15 psi) a -40 a +40 bar (-600 a +600 psi).

OPL: de un lado arriba de 420 bar (6300 psi) de ambos lados arriba de 630 bar (9450 psi).

Precisión de referencia: Arriba de $\pm 0.05\%$.



El transmisor de presión diferencial Deltabar PMD75 con sensor piezorresistivo y membrana metálica soldada se usa en todos los sectores industriales para medición en continuo de líquidos, vapores y gases. El panel de mandos de 3 teclas permite la puesta en marcha y un manejo fácil y fiable. El módulo de datos integrado HistoROM permite una gestión fácil del proceso y los parámetros de equipo. Diseñado de acuerdo con la norma IEC 61508 para uso en sistemas de seguridad SIL2/3.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Detección de mezcla explosiva.	Documento No. 5	

DME (Detector de Mezcla Explosiva)

Marca: Scoot Instruments

Modelo: 4688-IR

Tipo de señal: Análoga de 4 – 20 mA.

Alimentación: 24 Vcc.

Tipo de sensor: Infrarrojo no dispersivo.

Rango de humedad de operación: 0 a 100% RH.

Rango de temperatura ambiente: -40°C a 60°C (-40°F a 140°F).

Rangos y pruebas: Caja a prueba de explosión, clase 1, zona 1, grupo IIC.

Gases: metano, aire, etano, etileno, dióxido de carbono, propileno, propano, butadieno, acetona, butano, IPA, MEK, pentano, hexano, tolueno.

El detector GasPlus-IR tiene una alimentación de 24 Vcd este transmisor hace uso de tecnología de absorción infrarroja para monitorear el nivel de gases hidrocarburos combustibles (modelo 4688-IR) o CO₂ (modelo 4679-IR) en la atmosfera a su alrededor y transmite una señal análoga (4-20 mA) o digital (Modbus®) que es proporcional a la concentración medida. La señal de salida es lineal para la especificación de gas que se está midiendo. Las curvas de linealización de numerosos gases están guardadas dentro del instrumento y son seleccionables por el usuario.



	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1	
		Rev.: 0	Fecha: 10/17	
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR	
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.			
	Subsistema: Detección de fuego.	Documento No. 6		

DF (Detector de Fuego)

Marca: Vibrometer

Modelo: Omniguard 860

Tipo de señal: Análoga de 4 – 20 mA.

Alimentación: 24 Vcc.

Adecuado para uso en lugares peligrosos:

Clase I, Division 1, Grupos B, C y D.

Clase II, Division 1, Grupos E, F y G.

Temperatura de operación: -40°C a 85°C (-40°F a 85°F).

Tiempo de respuesta: 50 mili segundos de una señal saturada.

El modelo 860 de Omniguard® es un detector de flama basado en óptica, autónomo, controlado por microprocesador, detector de flama ultravioleta/infrarroja (UV/IR) y alta velocidad ultravioleta (UV). Este modelo utiliza la patente Fire Event Analysis (FEA)TM. Este detector de flama es compatible con la mayoría de los paneles de alarma sin la necesidad de necesitar de un controlador. Todos los dispositivos tienen una cubierta de aluminio libre de cobre, soporta altas temperaturas, con una cobertura de TGIC-Polyester, cuentan con una entrada de ¾- 14NPT o M20- 1.5 conduit.



	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Detección de humo.	Documento No. 7	

DH (Detector de Humo)

Marca: EST

Modelo: SIGA-PS

Tipo de señal: Digital 24 Vcc.

Alimentación: 24 Vcc.

Compensación ambiental: Automático.

Temperatura ambiente de operación: -20°C a 60°C (-4°F a 140°F).



Los detectores fotoeléctricos SIGA de la serie Signature combinan la tecnología avanzada de detección con un diseño practico que aumenta la eficiencia, reduce el tiempo de instalación y los costos y aumenta las capacidades de protección de la vida y de protección de la propiedad. El autodiagnóstico continuo garantiza la fiabilidad a largo plazo, mientras que las innovadoras cámaras de humo reemplazables en campo hacen que el mantenimiento del detector sea realmente fácil. Con su sensor de CO modular, este detector tiene una doble función – vigilar continuamente el ambiente para detectar las señales de humo, así como para detectar su invisible pero mortal compañero, el monóxido de carbono.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 4
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Alarmas visuales, sonoras y estaciones manuales de auxilio.	Documento No. 8	

PB (Botonera de emergencia Fuego, Accidente y Derrame)

Marca: RSG

Modelo: RMS-EXWP

Tipo de señal: 3x Digital 24 Vcc.

Alimentación: 24 Vcc.



Estas estaciones manuales están diseñadas con materiales a prueba de explosión para ambientes industriales de alta peligrosidad, del tipo interruptores, funcionan al tirar de una pequeña palanca que aterriza la señal de 24 volts mandando un cambio en el estado lógico de esa señal.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 2 de 4
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Alarmas visuales, sonoras y estaciones manuales de auxilio.	Documento No. 8	

AV (Alarma Visual)

Marca: Edwards + Federal Signal

Modelo: 116DEXSINHG-GW + FSEX

Tipo de señal: 3X Digital 24 Vcc.

Alimentación: 24 Vcc.

Lámpara: Halógeno de 20 W.

Domo: Polarizado de vidrio de alto impacto con guarda.



Las lámparas a prueba de explosión de Edwards están diseñadas para la instalación de en ambientes con locaciones peligrosas. Este modelo está diseñado para instalaciones colgantes, en la pared o el techo. Poder epoxy resistente a la corrosión. Nema tipo 3R y 4X.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 3 de 4
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Alarmas visuales, sonoras y estaciones manuales de auxilio.	Documento No. 8	

AS (Alarma Sonora)

Marca: Federal Signal

Modelo: ASUX

Tipo de señal: Digital.

Alimentación: 24 Vcc.

Corriente de operación: 1 A.

Corriente en standby 0.13 A.

Decibeles: 114 dBa @ 10' (124 dBa @ 1m).

Rango de temperatura de operación: -40°C a 66°C (-40°F a 150°F).



La bocina amplificador modelo ASUX de la marca Federal Signal a prueba de explosión están diseñadas para producir tonos claros en un sistema de alarmas de notificación. El modelo es compatible con alarmas de fuego, voz de evacuación, paneles de control supervisado de supresión y distribuidores de energía.

	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 4 de 4
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Alarmas visuales, sonoras y estaciones manuales de auxilio.	Documento No. 8	

GT (Generador de Tonos)

Marca: Federal Signal

Modelo: 300MB

Tipo de señal: 3X Digital.

Alimentación: 120 Vca.

Entrada de audio

Impedancia: 5K Ohms.

Voltaje de entrada: 1V P-P.

Temperatura ambiente de operación: 0°C a 60°C (32°F a 140°F).

Señal a ruido (<1.5% THD): (Chip de entrada) 67dBa.

Señal de frecuencia de respuesta: 250 Hz a 3.4 KHz.

El 300MB reemplaza las antiguas grabadoras de cinta con superioridad, con una reproducción de alta calidad de audio (High-quality). El generador de tonos y mensajes es ideal para anuncios de emergencia de evacuación. Limpio, conciso, con la posibilidad de grabar melodías, mensajes en cualquier lenguaje puede alertar a operadores de una situación de emergencia.



	Ficha técnica de componentes en sistema SICCI	No. De Ficha	Hoja 1 de 1
		Rev.: 0	Fecha: 10/17
	Proyecto: Ingeniería “as built” de sistema contra incendios SICCI.	Responsable:	JAPR
	Terminal: Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.		
	Subsistema: Válvulas eléctricas operadas por solenoide para contra incendio.	Documento No. 9	

VOS (Válvula Operada por Solenoide)

Marca Válvula: Bermad

Modelo: FC-700

Marca Solenoide: Burkert

Modelo: 2-way

Tipo de señal: Digital 24 Vcc.

Alimentación: 24 Vcc.



Válvula electro hidráulica operada por solenoides, controla la apertura y cierre de la válvula mecánica para el control de flujo de agua, por medio de dos solenoides se logra esta tarea, las cuales permiten el paso de presión hidráulica en una u otra dirección para el cambio de estado de la válvula, la alimentación de los solenoides es de 24 volts.

Capítulo 4

4.1 Conclusiones

Al terminar con los trabajos solicitados y después de entender el funcionamiento y alcances del sistema instrumentado SICCI, es clara la gran importancia de un estudio completo que término proporcionando información valiosa al área de mantenimiento en la cual realice mis prácticas profesionales, con este trabajo se corrigió la falta de información concisa ya que al actualizar planos como la arquitectura y los lazos de control se generó una fuente de información en la cual están descritas las conexiones, tipos de señal, componentes con número de identificación, locación de los componentes e información relevante del sistema, de igual manera las fichas técnicas son otra fuente de información más específica de cada componente, como lo son los detectores de humo, fuego o mezcla explosiva, también se incluye información de sensores de presión que controlan el sistema de presión en la línea de tubería de agua contra incendio de la planta, describiendo marca, modelo, tipo de señal, alimentación, y datos críticos de cada componente al igual que una breve descripción.

Bibliografía

Normas

- ✓ Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación (2013). *NRF-184-PEMEX-2013*. Normas de referencia. [online] Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, pp. 5-9. Disponible en: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-184-PEMEX-2013.pdf> [Revisado 9. Sep. 2017].
- ✓ Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación (2012). *NRF-105-PEMEX-2012*. Normas de referencia. [online] Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, pp. 5-9. Disponible en: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-184-PEMEX-2013.pdf> [Revisado 9. Sep. 2017].
- ✓ Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación (2013). *NRF-182-PEMEX-2013*. Normas de referencia. [online] Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, pp. 5-9. Disponible en: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-184-PEMEX-2013.pdf> [Revisado 9. Sep. 2017].
- ✓ Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación (2014). *NRF-205-PEMEX-2014*. Normas de referencia. [online] Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, pp. 5-9. Disponible en: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-184-PEMEX-2013.pdf> [Revisado 9. Sep. 2017].
- ✓ Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación (2013). *NRF-210-PEMEX-2013*. Normas de referencia. [online] Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX Refinación, pp. 5-9. Disponible en: <http://www.pemex.com/procura/procedimientos-de-contratacion/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-184-PEMEX-2013.pdf> [Revisado 9. Sep. 2017].

Libros

- ✓ Creus, A. (2010). *Instrumentación Industrial*. 8th ed. México: Alfaomega Grupo Editor, pp. 1-26.

- ✓ González Fernández, F. J. (2005). Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 2ª edición. Fundación confemetal, pp.

Tesis

- ✓ Meza Soria, J. R. (2014). *Implementación de pruebas parciales a válvulas de cortes de los sistemas de seguridad de las plataformas AKALA-C7/C8*. Tesis, Universidad Autónoma de México, facultad de ingeniería, Ciudad Universitaria, México, pp.
- ✓ Becerril Rionda, F. I. (2013). *Propuesta de actualización del Sistema Integral de Medición, Control y Operación en Terminales (SIMCOT) para la Terminal de Almacenamiento y Reparto (TAR), TAR Añil*. Tesis, Instituto Politécnico Nacional. México DF, pp.
- ✓ Balda Salas, A. A. (2006). *Plan de inspección basada en riesgos para equipos estáticos de una instalación de procesamiento de hidrocarburos*. Tesis, Universidad Simón Bolívar, pp.
- ✓ Becerril Rionda, F. I. (2013). *Actualización del Sistema Integral de Control Contra Incendio en la Terminal de Almacenamiento y Reparto 18 de marzo*. Tesis, Instituto Politécnico Nacional. México DF, pp.
- ✓ Acosta Ordoñez, J. J., Valverde Tejada, D. R. (2014). *Diseño e implementación del sistema de circuito cerrado de televisión para seguridad y detector de humo en local comercial almacenes espinoza del barrio la ecuatoriana*. Proyecto previo a tesis, Escuela Politécnica Nacional. Quito, pp.

Artículos

- ✓ Mesa Grajales, D. H., Ortiz Sánchez, Y. & Pinzón, M. (2006). La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento. Artículo, Scientia et Technica Año XII, No. 30, pp. 155-160.

Anexos

Anexo 1. Arquitectura sistema SICCI

Anexos

Anexo 2. Lazos de control