

PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C DE MICROCONTROLADORES  
DE CONTROL DE SISTEMAS ELECTROMAGNÉTICOS  
DE SEGURIDAD GAS

JORGE ANDRÉS BUENO LARA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA,  
2009

PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C DE MICROCONTROLADORES  
DE CONTROL DE SISTEMAS ELECTROMAGNÉTICOS  
DE SEGURIDAD GAS

JORGE ANDRÉS BUENO LARA

Informe de práctica empresarial presentado como requisito parcial para optar  
al título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO

Docente supervisor:  
Ing. JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA  
BUCARAMANGA,  
2009

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

**Docente Supervisor**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Bucaramanga, Septiembre del 2009**

## **AGRADECIMIENTOS**

El autor expresa sus agradecimientos a:

**A Dios.**

**A mis padres y hermanos por ofrecerme la confianza para seguir adelante.**

**A mis maestros durante mi formación como ingeniero electrónico.**

**A la empresa Orkli S. Coop.**

**A los Ingenieros Juan Carlos Mantilla y Fabio Alonso Guzmán por su supervisión durante la práctica empresarial.**

**A la Universidad de Navarra.**

**A todos aquellos que de alguna forma contribuyeron en la culminación de mis metas académicas.**

## DEDICATORIA

**A** mi padre. Jorge Eliecer Bueno Rivera. Por ser mí modelo a seguir como profesional y como ser humano, por brindarme todas las herramientas para convertirme en el hombre que soy ahora. Por depositar su confianza en mí.

**A** mi madre. Deissy Farina Lara Martínez. Por ser mí amiga y el soporte de nuestra familia. Por el amor que me manifiesta cada día. Sin su apoyo nada de esto hubiera sido posible.

**A** mis hermanos. Cristhian Mauricio y Stephanie Andrea. Porque en cada momento de felicidad en mi vida han estado ahí. Por compartir sus júbilos y desconsuelos conmigo.

**A** mi abuela. María de Jesús Martínez. Por estar pendiente de mí. Por rezar por mi bienestar y la superación de las adversidades por las que atravesé. Sus oraciones han demostrado cruzar océanos.

**TABLA DE CONTENIDOS**

<b>LISTADO DE ANEXOS.....</b>	<b>11</b>
<b>TERMINOS Y DEFINICIONES.....</b>	<b>12</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>19</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>22</b>
1.1 PRODUCTOS.....	23
<b>2. DIVISIÓN POR UNIDADES DE NEGOCIO .....</b>	<b>27</b>
2.1 CALEFACCION Y A.C.S.....	27
2.2 SEGURIDAD TERMOELÉCTRICA .....	27
2.3 CALENTAMIENTO DE AGUA .....	27
<b>3. RESEÑA HISTÓRICA.....</b>	<b>28</b>
<b>4. OBJETIVOS .....</b>	<b>32</b>
<b>OBJETIVOS GENERALES .....</b>	<b>32</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>32</b>
<b>5. PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>33</b>
<b>6. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>34</b>
6.1 TERMOPARES .....	34
6.2 MICROCONTROLADOR PIC.....	35
6.3 COMPILADOR CCS C.....	35
6.4 ELECTROVÁLVULA.....	36
<b>7 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO.....</b>	<b>38</b>
7.2 ANÁLISIS TEÓRICO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE.....	38
<b>SEGURIDAD TERMOELÉCTRICA EN UNA ENCIMERA DE LA MARCA FAGOR-BRANDT. 38</b>	
7.4 FABRICACIÓN DE TERMOPARES MUESTRA PARA LA .....	43
<b>COMPañÍA BSH ESPAÑA.....</b>	<b>43</b>
<b>8 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>45</b>
8.1 CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO .....	45
8.2 COMPRENSIÓN DEL PROGRAMA PARA TEST DE TERMOPARES .....	47
8.3 PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN LA NORMA .....	49
<b>UNE-EN 298.....</b>	<b>49</b>
8.3.1 PROGRAMACIÓN.....	49

---

8.3.2	TIEMPOS .....	51
8.4	ESTUDIO DE TECNOLOGIA EXISTENTE .....	52
8.4.1	“EGME” SISTEMA ELECTRÓNICO PARA ENCIMERA DE GAS.....	52
8.4.2	FUNCIONES DEL SISTEMA.....	52
8.4.3	PRUEBAS REALIZADAS EN UNA ENCIMERA ER18358EU.....	53
	SIEMENS CON SISTEMA EGME.....	53
8.5	DISEÑO DEL PRIMER PROTOTIPO DE DISPOSITIVO DE .....	56
	CONTROL.....	56
8.5.1	ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL .....	57
8.5.1.1	AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN.....	57
8.5.1.2	PRUEBAS REALIZADAS CON LOS A.I'S .....	58
8.5.2	FUENTE DE ALIMENTACIÓN .....	60
8.5.3	ELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR .....	62
8.5.4	DSPIC30F4013 .....	63
8.5.5	PROTEUS ISIS .....	64
8.5.6	PROGRAMA.....	65
8.5.6.3	USO DE INTERRUPCIONES EXTERNAS EN EL PROGRAMA DE CONTROL .....	71
8.5.6.4	ACCIONES DE SEGURIDAD .....	72
8.5.6.5	PROGRAMA DE AUTOACCIONADO .....	74
8.5.6.6	FUNCIONAMIENTO CON PRESENCIA DE LLAMA .....	75
8.5.7	PRUEBAS DE DETECCIÓN DE ESTADO .....	76
8.5.7.1	DIFICULTADES DURANTE LAS DETECCIONES .....	78
8.5.8	DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DE INDUCCIÓN DE LA CHISPA.....	79
8.5.8.1	OPTOACOPLADOR.....	80
8.5.8.2	TRIAC .....	81
8.5.9	PRUEBAS CON CHISPERO .....	82
8.5.10	HARDWARE DE AUTOACCIONADO .....	83
8.5.11	PRUEBAS CON AUTOACCIONADO .....	84
8.5.12	DISEÑO PCB.....	85
9.	APORTES AL CONOCIMIENTO .....	92
10.	CONCLUSIONES .....	94
	BIBLIOGRAFÍA.....	96

---

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1:</b> Plantas de producción de Arama y Ordizia	21
<b>Figura 2:</b> Configuración básica de un termopar.	33
<b>Figura 3:</b> Microcontrolador.	34
<b>Figura 4:</b> Cuadro de estado de compilación del CCS C compiler	35
<b>Figura 5:</b> Electroválvula fabricada en Orkli.	36
<b>Figura 6:</b> Diagrama esquemático de la encimera FAGOR-BRANDT.	38
<b>Figura 7:</b> Entorno de simulación Pspice A/D.	40
<b>Figura 8:</b> Código Pspice de simulación del sistema monohilo.	41
<b>Figura 8:</b> Quemador semirapido de estufa Electrolux.	42
<b>Figura 10:</b> Termopares de Orkli.	44
<b>Figura 11:</b> Grupo magnético.	45
<b>Figura 12:</b> Conexión del termopar y grupo magnético.	46
<b>Figura 13:</b> Panel de control del programa de seguridad con gas.	46
<b>Figura 14:</b> Tarjeta de adquisición de datos.	48
<b>Figura 15:</b> Sistema EGME.	51
<b>Figura 16:</b> Encimera ER18358EU SIEMENS.	52
<b>Figura 17:</b> Resultado gráfico de generación del termopar 1,5 sin cazuela.	55
<b>Figura 18:</b> Amplificador de instrumentación.	57
<b>Figura 19:</b> Topología de dos Amplificadores operacionales.	58
<b>Figura 20:</b> Topología de dos Amplificadores operacionales.	59
<b>Figura 21:</b> Análisis de corrientes del circuito rectificador.	60
<b>Figura 22:</b> Fuente de alimentación simulada en PROTEUS ISIS.	61
<b>Figura 23:</b> dsPIC30F4013	62
<b>Figura 24:</b> Diagrama de flujo básico del arranque y funcionamiento.	64



---

<b>Figura 25:</b> Diagrama de flujo completo del funcionamiento del sistema de seguridad.	65
<b>Figura 26:</b> Configuración de interrupciones externas.	70
<b>Figura 27:</b> Función reencendido.	72
<b>Figura 28:</b> Función bloqueo.	73
<b>Figura 29:</b> Función llama.	74
<b>Figura 30:</b> Pruebas de detección de estado con divisor de tensión.	76
<b>Figura 31:</b> Pruebas con gas.	77
<b>Figura 32:</b> Chispero.	79
<b>Figura 33:</b> Optoacoplador.	80
<b>Figura 34:</b> Símbolo del Triac.	81
<b>Figura 35:</b> Pruebas del sistema con chispero.	81
<b>Figura 36:</b> Electrónica de autoaccionado y de chispero.	84
<b>Figura 37:</b> Tarjeta desarrollada conectada en encimera con EGME.	87
<b>Figura 38:</b> Tarjeta Final.	88
<b>Figura 39:</b> Demostrador.	89
<b>Figura 40:</b> Rampa del demostrador.	90

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Resultados EGME con termopar 1,8 con contra.	53
<b>Tabla 2:</b> Resultados EGME con termopar 1,5 sin contra.	54
<b>Tabla 3:</b> Tabla de estados del sistema de seguridad.	68

## LISTADO DE ANEXOS

En este informe de práctica se pueden observar los siguientes documentos:

<b>Anexo 1:</b> Diagrama de Gantt del proyecto.	54
<b>Anexo 2:</b> Gráfica Pspice sistema termoeléctrico dos hilos.	55
<b>Anexo 3:</b> Gráfica Pspice sistema termoeléctrico monohilo.	56

## TERMINOS Y DEFINICIONES

**DISPOSITIVO DE DETECCIÓN DE LLAMA:** Dispositivo que detecta y señala la existencia de una llama. Puede incorporar un sensor de llama, un amplificador, y un relé para la transmisión de señal. Estos elementos, a excepción eventualmente del sensor propiamente dicho, pueden estar incorporados en un mismo alojamiento con vistas a su posible utilización conjunta con un dispositivo de control.

**SENSOR DE LLAMA:** Elemento sensible a la presencia de la llama, cuya señal de salida o su valor se utiliza como dato de entrada en el amplificador del dispositivo de detección de llama.

**LLAMA CONTROLADA:** valor físico registrado por el sensor de llama.

**SEÑAL DE LLAMA:** Señal suministrada por el dispositivo de detección de llama cuando el sensor de llama detecta una llama.

**SIMULACIÓN DE LLAMA:** Situación en la que el dispositivo de detección de llama emite una señal de llama cuando en realidad esta no existe.

**DISPOSITIVO DE CONTROL:** Dispositivo que reacciona ante las señales emitidas por los dispositivos de regulación y de seguridad, da las ordenes de regulación, acciona la secuencia de arranque, controla el funcionamiento del quemador, y origina la parada por regulación, y si es necesario la parada por seguridad y firme bloqueo; el dispositivo de control trabaja según

un programa preestablecido y siempre conjuntamente con el dispositivo de detección de llama.

**SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL Y DE SEGURIDAD DEL QUEMADOR:** Sistema que comprende al menos un dispositivo de control del quemador y todos los elementos de un dispositivo de detección de llama; las distintas funciones del sistema automático de control y de seguridad del quemador pueden estar agrupados en uno o varios alojamientos.

**POSICIÓN DE ARRANQUE:** Señal, dada por ejemplo por un termostato, que hace abandonar al sistema de su posición de arranque y que acciona el programa preestablecido.

**PROGRAMA:** Secuencia de operaciones, determinadas por el dispositivo de control, incluyendo el encendido, el arranque, el control y el apagado del quemador. Las operaciones de seguridad tales como la parada por seguridad y el bloqueo forman parte igualmente del programa.

**TIEMPO DE SEGURIDAD:** Periodo desde que la válvula del quemador de encendido, o la válvula que libera el consumo de encendido, o la o las válvulas del quemador principal, según el caso, reciben tensión eléctrica, hasta el momento en el que se corta la tensión si el dispositivo de detección de llama señala la ausencia de llama.

**POSICIÓN DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA:** Posición del sistema en el que el quemador está en funcionamiento normal bajo la vigilancia del dispositivo de control y de su dispositivo de detección de llama.

**PARADA POR SEGURIDAD:** Proceso que actúa inmediatamente en respuesta a una señal del dispositivo de seguridad, o después de la

detección de un fallo en el sistema automático de control y de seguridad del quemador, y que apaga el quemador; el estado resultante del sistema se define por la desaparición de la alimentación de energía a los bornes de las válvulas de corte de gas y al dispositivo de encendido.

**FIRME BLOQUEO:** Posición de parada de seguridad del sistema tal que el rearme solo puede realizarse después de un desbloqueo manual del sistema y por ningún otro medio.

**REENCENDIDO:** Proceso por el cual, después de la pérdida de la señal de llama, el dispositivo de encendido se vuelve a poner bajo tensión sin interrupción total de la alimentación de gas.

**REARME:** Proceso según el cual, después de una parada por seguridad, se repite automáticamente la secuencia de arranque.

**SECUENCIA DE ARRANQUE:** Secuencia de operaciones realizadas por el sistema para conducir al quemador desde la posición de arranque hasta la posición de funcionamiento.

**CONTROL DE CHISPA:** Proceso de control de la chispa de encendido.

**INTENSIDAD DE DESENGANCHE:** Valor de intensidad que fluye por el bobinado de la válvula de seguridad suficiente para cambiar el estado de la válvula de ON (completamente abierto) a OFF (completamente cerrado). El valor medido es diferente a la intensidad de mantenimiento.

**INTENSIDAD DE MANTENIMIENTO:** Valor de intensidad que fluye por el bobinado de la válvula de seguridad cuando el sistema se encuentra en su posición de funcionamiento.

**POSICIÓN DE ENGANCHE:** Estado físico de la válvula de seguridad en donde el caudal de gas no es obstruido por el disco de la válvula.

**TENSIÓN DE ENGANCHE:** Valor requerido para incitar el cambio de una válvula de accionamiento eléctrico desde su posición de reposo a su posición de enganche. Inducido en la secuencia de arranque o en reencendido.

**QUEMADOR:** Dispositivo dispuesto sobre la encimera que permite la salida del gas a su exterior para posteriormente realizar su combustión mediante una llama provocada por el dispositivo de ignición.

**EV6:** Electroválvula dispuesta por el área de seguridad termoeléctrica de Orkli para el desarrollo del proyecto. Válvulas ON/OFF accionadas electrónicamente que no requieren ningún tipo de impulso exterior. Ideal para aquellas aplicaciones donde se incorpore la electrónica.

**ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL:** Etapa en donde se amplifica la señal de llama controlada brindada por el sensor de llama y se ajusta a los valores oportunos para su posterior lectura y conversión por parte del módulo de conversión analógico/digital del dispositivo de control.

**GRUPO MAGNÉTICO:** Dispositivo de seguridad ante la ausencia de llama en dispositivos de combustión de gas. Accionado manualmente. Conectado a un termopar. Funciona cerrando el paso de gas en función de la señal eléctrica generada por el termopar.

**PRUEBA CON CAZUELA:** Ensayo de sistemas de seguridad termoeléctrica bajo condiciones controladas, en donde se simula el efecto que produce

---

una olla con agua en una aplicación de encimera. La prueba con cazuela sirve para evidenciar los valores de generación durante la posición de funcionamiento del sistema en un entorno habitual.

**RAMPA:** Estructura física en donde se alojan los grifos de regulación del gas, la electroválvula de seguridad, el presostato de presión mínima de gas, el filtro de gas y otros dispositivos que dependen del fabricante. La rampa permite aportar el caudal de gas necesario para que el quemador desarrolle la potencia calorífica deseada

**CONTRA:** Compensación realizada en el hilo del termopar con el fin de disminuir los valores de generación.



---

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C DE MICROCONTROLADORES DE CONTROL DE SISTEMAS ELECTROMAGNÉTICOS DE SEGURIDAD GAS

**AUTOR:** JORGE ANDRÉS BUENO LARA

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

### RESUMEN

El objetivo de este informe es enseñar datos específicos del desarrollo y resultados obtenidos del proyecto realizado en la empresa de seguridad termoeléctrica Orkli S. Coop.

Se expondrán cada una de las etapas del proceso de elaboración del dispositivo final, Así mismo se desplegarán detalles de las pruebas realizadas en cada uno de los componentes que constituyen el sistema automático de control y de seguridad del quemador.

Se argumentarán los criterios de diseño que estén sujetos a decisiones tomadas durante el desarrollo, teniendo en cuenta los resultados de los ensayos propuestos.

Se explicará el funcionamiento básico de cada una de las herramientas vinculadas en el diseño del dispositivo final como por ejemplo: Simuladores virtuales, compiladores, sistemas de adquisición de datos, lenguajes de programación; así como también se indicará los principios de funcionamiento de los componentes del dispositivo de detección llama y algunos dispositivos de control desarrollados por clientes de la empresa.

Del mismo modo se relatará cada una de las experiencias en actividades adicionales a la realización del proyecto y que de alguna forma contribuyeron a entender el proceso de fabricación de sistemas de seguridad.

### PALABRAS CLAVES:

Microcontrolador, Válvula, Gas, Sistema, Seguridad, Acondicionamiento, Termopar, Programación.

## RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

**TITLE:** PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C DE MICROCONTROLADORES DE CONTROL DE SISTEMAS ELECTROMAGNÉTICOS DE SEGURIDAD GAS

**AUTHOR:** JORGE ANDRÉS BUENO LARA

**FACULTY:** Electronic engineering

**DIRECTOR:** JUAN CARLOS MANTILLA SAAVEDRA

### ABSTRACT

The main purpose of this report is to be evidence for the project made in the company Orkli S. Coop on the area of thermoelectric security. As well, this document will show specific data about the development and obtained results of the project. This document will show every single stage on the making the final dispositive process, furthermore it will deliver testing details from each one of the parts confirming the automatic control and gas security system. It will explain the basic functioning of the tools attached to the design of the final dispositive such as: virtual simulators, compilers, data acquisition systems, programming languages; in addition, it will be exposed the working principles of the components in the flame detection system and some other systems developed by clients. Also, it will inform about the experiences on activities besides the development of the project. Those activities some how contributed to understand relevant aspects of gas security systems.

### KEY WORDS:

Microcontroller, Valve, Gas, System, Security, conditioning, Thermocouple, Programming.

## INTRODUCCIÓN

Hoy por hoy la dependencia de los sistemas de combustión de gas en el uso doméstico acapara el interés de la industria de la seguridad termoeléctrica. Es incuestionable que detrás de las ventajas que poseen estos sistemas, existe un peligro potencial que amenaza la integridad de los consumidores.

En lugares como Suramérica y Asia es imperativo el uso de encimeras con quemadores de gas, debido al elevado coste de la energía eléctrica. Las encimeras de inducción eléctrica que utilizan el calentamiento de materiales por medio del control del flujo de electrones (del tipo vitrocerámica) son catalogadas como una suntuosidad, contrariando las evidentes superioridades que resplandecen sobre las estufas convencionales.

En la actualidad, un gran número de estufas en el mundo carecen de cualquier tipo de seguridad sensible a la ausencia de llama o de algún dispositivo de prevención de fugas internas de gas. Podríamos afirmar que estas estufas son lazos de control abiertos, sin ninguna clase de información de retorno que verifique el estado de la llama o la auténtica combustión del gas. Los actuadores de estas estufas son accionados manualmente y se limitan a la regulación del gas de salida de acuerdo a la consigna de temperatura requerida por el usuario para preparar sus alimentos.

Por ende, es necesario innovar y mejorar las herramientas que nos permiten conservar la certidumbre al emplear encimeras de combustión de gas. Acciones tan cotidianas como cocinar y hornear alimentos, pueden llegar a ser incluso más fiables de lo que son el día de hoy e indudablemente los

microcontroladores se perfilan como una solución eficaz y económica a la automatización de procesos, que sin extremar, podrían salvar vidas. Los microcontroladores a la par de la electrónica añadida servirán para abrir un abanico de posibilidades en la seguridad termoeléctrica, igualmente valdrán para plantar cara a un mercado cada vez más competitivo.

Orkli S. Coop. ofrece a cientos de empresas ubicadas en un sinnúmero de países los componentes necesarios para garantizar la seguridad en los mecanismos que utilizan como principal elemento de funcionamiento la combustión de gas. Los dos tipos de productos que se producen en la sección de seguridad termoeléctrica de Orkli son: Termopares/Thermocouples y Grupos Magnéticos/Magnet Units.

Los grupos magnéticos y los termopares realizados por Orkli en su mayoría son implementados en sistemas en donde el accionado del grupo magnético inicialmente es manual y el mantenimiento del grupo en estado abierto se produce debido a una corriente concebida por el calentamiento de un termopar. Son sistemas totalmente autónomos, que no necesitan aportación de energía externa al sistema, lo cual hace que sea utilizado en aplicaciones diversas en las que no hay energía externa disponible. El hecho de que sean sistemas autoalimentados, supone un ahorro, en ocasiones no despreciable, en el consumo de energía.

El proyecto que ha propuesto Orkli es el desarrollo de una electrónica que controle el funcionamiento de una mini-electroválvula (EV6) realizada principalmente para aplicaciones domésticas como encimeras y hornos. A diferencia de las otras válvulas (grupos magnéticos) fabricados en Orkli, la mini-electroválvula EV6 necesita una electrónica adicional para su correcto accionado. Al instante, similar al sistema habitual de seguridad termoeléctrica, requiere de una corriente que circule a través de la bobina del grupo y que

genere un campo magnético suficiente para conservar la armadura cercana al núcleo, consecuentemente, el disco de válvula no obstruye el paso del gas y se produce una combustión adecuada del mismo.

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Orkli es una empresa dedicada a la fabricación y venta de componentes para calefacción, agua caliente sanitaria, calentamiento de agua y electrodomésticos. Orkli tiene plantas de fabricación en China y Brasil, y una red propia de delegaciones y agentes repartidos por los cinco continentes. Está integrada en la División Componentes de Mondragón Corporación Cooperativa - MCC, grupo empresarial que desarrolla su actividad en los sectores financiero, industrial, de distribución y servicios, dispone de varios centros tecnológicos y cuenta con una presencia relevante en el ámbito universitario.

Su sede social está en Ordizia (Gipuzkoa) en el corazón de la comarca del Goierri, cuenta con tres plantas productivas (Ordizia, Arama y Ningbo) y una extensa red de ventas propia con delegaciones y agentes por más de 30 países. Su estructura organizativa orientada al mercado-cliente se desarrolla a través de tres unidades de negocio.



**Figura 1:** Plantas de producción de Arama y Ordizia. [1]

## 1.1 PRODUCTOS

Los productos fabricados en la actividad de Seguridad Termoeléctrica constituyen el dispositivo de seguridad de aparatos electrodomésticos a gas. Por ello, van dirigidos a los fabricantes de componentes para dichas aplicaciones. El sistema de seguridad de dichos aparatos está compuesto de un termopar y un grupo magnético.

Dentro de la actividad de Valvulería se fabrican muchas referencias de válvulas. Estas válvulas principalmente son utilizadas en radiadores y circuitos de calefacción domésticos e industriales. Están orientadas a satisfacer las necesidades del sector sanitario y calefacción por medio de mayoristas y distribuidores. También existe otro sector dirigido a los fabricantes de calderas, calentadores, estufas de aire a gas, donde los productos principales son las plantillas, fluxostato y válvulas de seguridad.

A continuación se define la funcionalidad de cada tipo de producto que se fabrica en Orkli.

### **Grupos Magnéticos**

Se incorporan junto con el termopar en aparatos electrodomésticos a gas como dispositivo de seguridad. Permite o impide la alimentación del gas al quemador en función de la fuerza electromotriz generada por el termopar al cual va siempre conectado.

Cabe destacar que los grupos suelen ir en el conjunto de grifo del calentador, por ello, es común que cada cliente utilice un grupo específico con las características propias, según el grifo en el que vaya a montarse.

## **Termopares**

El termopar y el grupo magnético se utilizan incorporados a aparatos electrodomésticos a gas como dispositivo de seguridad. Su función es la de captar la presencia de llama en los aparatos de gas. En caso de llama, la cabeza del termopar (compuesta por un bimetálico) genera un pequeño diferencial de potencial que es transmitido al grupo electromagnético a través del contacto, por el efecto Peltier.

Cuando el grupo ha recibido la citada señal se crea un campo magnético en el mismo, lo que hace que la armadura y el núcleo se mantengan unidos, abriendo el paso de gas. Cuando la llama se apaga, el diferencial de potencial desaparece y el paso del gas queda cortado.

ORKLI fabrica una amplia gama de termopares de alta fiabilidad para aplicaciones domésticas e industriales, válidos para cualquier tipo de gas.

## **Válvulas**

En la actividad de Valvulería se fabrican varios tipos de válvulas muy diferentes entre sí. Entre ellas podemos diferenciar las siguientes:

### **Válvulas de Radiador o VDR**

Las válvulas de radiador están concebidas para controlar manualmente la temperatura ambiental en las instalaciones de calefacción por circulación de agua con sistema bitubo.

En el sistema bitubo, a cada radiador llegan dos tubos, uno con agua caliente proveniente del calentador y el otro, el que regresa al calentador con el agua que ya ha pasado por el radiador. Toda la instalación de los radiadores se realiza en paralelo.



### **Válvulas de 4 vías o monotubo**

Las válvulas de 4 vías están diseñadas para controlar manualmente la temperatura ambiental en las instalaciones de calefacción por circulación de agua con el sistema monotubo.

En estas instalaciones, los radiadores se colocan en serie, frente a los radiadores que llevan VDR (Válvulas de Radiador) que se colocan en paralelo.

La línea de agua caliente sale del calentador y va al primer radiador, una parte del agua caliente pasa por el radiador y sale hacia el radiador número dos, y así sucesivamente hasta que al final el circuito se cierra en el calentador. La desventaja de este sistema es que todos los radiadores no se calientan uniformemente, pero en contraposición la instalación es mucho más sencilla y barata.

### **Válvula de seguridad**

La válvula de seguridad a membrana, está destinada a ser utilizada en los generadores o recipientes utilizados en las instalaciones de calefacción con agua caliente, hasta una temperatura de 120°.

Su función es evitar la sobrepresión que pueda darse dentro del generador o recipiente. Las válvulas de seguridad van regladas a diferentes presiones como pueden ser 2.5k, 3k, 6k, 8k, etc.

### **Grupo de seguridad**

El grupo de seguridad a membrana, está especialmente indicado para permitir el funcionamiento cómodo, correcto y seguro de los acumuladores de agua caliente (Termos).

### **Válvulas termostáticas**

Las válvulas termostáticas han sido creadas para controlar automáticamente la temperatura ambiental de un habitáculo, variando el caudal de agua en cada radiador. Eso nos permite un mejor confort y mayor economía de energía.

### **Válvulas Motorizadas o Válvulas de zona**

Las válvulas de zona están desarrolladas para funcionar con reguladores todo o nada, en las instalaciones de calefacción, agua caliente sanitaria y climatización.

### **Válvulas de esfera**

Estas válvulas están recomendadas para su uso en agua, vapor de agua, aire comprimido, gas, aceites diluidos, detergentes y otros productos químicos. Son los típicos grifos que se utilizan en fontanería.

### **Plantillas**

Las plantillas son unos accesorios que se venden principalmente a los fabricantes de calderas murales. Estas plantillas tienen la función de ayudar en la colocación de la caldera mural y facilitar la conexión de las entradas y salidas tanto de agua caliente como fría. Las plantillas llevan unas válvulas de esfera colocadas a unas distancias concretas y son éstas las que se unen tanto a las tuberías de la instalación como a la caldera en sí.

### **Fluxostato**

El fluxostato tiene como función básica la de emitir una señal al paso de un caudal determinado ó una equivalencia en presión diferencial determinada.

## **2. DIVISIÓN POR UNIDADES DE NEGOCIO**

### **2.1 CALEFACCION Y A.C.S.**

Sistemas de control y regulación de la temperatura del aire y del agua en instalaciones de calefacción y agua caliente sanitaria del sector de mayoristas, distribuidores y almacenes prescriptores para instaladores.

### **2.2 SEGURIDAD TERMOELÉCTRICA**

Sistemas de encendido y vigilancia de llama, regulación y seguridad del gas para fabricantes del sector de electrodomésticos.

### **2.3 CALENTAMIENTO DE AGUA**

Sistemas de regulación del agua y del gas en aparatos de calentamiento de agua en el hogar para fabricantes de calentadores y calderas del sector de electrodomésticos

### 3. RESEÑA HISTÓRICA

A finales de los 60, debido a los movimientos socio-políticos hubo un gran desarrollo industrial y económico.

En la comarca de Goierri había una gran necesidad de crear nuevos puestos de trabajo, ante esa demanda de trabajo, algunos participantes de las asociaciones de Padres de Familia de varios pueblos, crearon una comisión por medio de “Goierri Lanbide Eskola”.

Esta comisión realizó un exhaustivo estudio sobre las características de la población por medio de SIADECO que reveló una insuficiente oferta de puestos de trabajo para la mano de obra femenina. La comisión creó una asociación que promoviese una solución a esta demanda y realizó una búsqueda de empresas que pudieran estar interesadas en invertir en una planta empresarial en la comarca.

Por medio del entonces grupo industrial de Caja Laboral se contactó con la cooperativa Copreci. Esta cooperativa, en pleno crecimiento, viendo el nivel de la demanda de empleo en la comarca, decidió crear una segunda planta en Ordizia que se puso en funcionamiento en 1975 como la División II de Copreci.

Los primeros años fueron muy difíciles, por esta razón una parte de los trabajadores tuvieron que trabajar en otras cooperativas. Pero esta etapa se superó finalmente, hasta llegar a una etapa con tendencia ascendente hasta el día de hoy. A principios de los 80, comenzó el proceso de separación de Copreci, que culminó en 1982 con la constitución de Orkli,S.Coop. (Ordizia Klima). Basados en las estructuras de las cooperativas de Goierri, Orkli se

introdujo en un grupo llamado GOILAN participando con este hasta su desaparición, después se reestructuraron en diferentes agrupaciones de MCC. En ese momento siendo parte de MCC, se dividió tres grupos.

- Grupo financiero
- Grupo industrial
- Grupo de distribución

Orkli se ubica en la división de componentes que hay dentro del grupo industrial. Desde 1995 se esta llevando a acabo un proyecto en Orkli para dividir la producción en tres unidades de negocio según los productos

- Auxiliar de electrodomésticos:
  - Grupos magnéticos
  - Termopares
- Calefacción
  - Válvulas
  - Grupos de seguridad
- Calentamiento
  - Grupos magnéticos
  - Termopares
  - Válvulas
  - Grupos de seguridad
  - Grupos hidráulicos

Como consecuencia del crecimiento que tuvo la valvulería, se tuvo que construir otro pabellón en Agosto de 1998, y se tuvieron que realizar las modificaciones adecuadas en toda la maquinaria de este pabellón.

Orkli cuenta desde Junio del 2002 con una nueva planta de producción situada en Ningbo, al sureste de China, que se dedica exclusivamente a la fabricación

de termopares. Próximamente se prevé trasladar una cadena de montaje manual de grupos magnéticos estándares y otra cadena de montaje de grupos de doble bobina.

Actualmente, Orkli ofrece la más extensa gama de componentes de seguridad, regulación y control para sistemas de calefacción, agua caliente sanitaria, fluidos y electrodomésticos que consolidan su liderazgo mundial en el sector.

- 1982:** ➤ Nace Orkli en Ordizia.
- 1987:** ➤ Inicio de la automatización de procesos de fabricación.
- 1994:** ➤ Orkli amplía sus instalaciones con un nuevo y moderno edificio de oficinas.
- 1995:** ➤ Orkli orienta su estructura organizativa en unidades de negocio.
- 1997:** ➤ Se constituye la delegación Orkli-UK en Inglaterra.
- 1998:** ➤ Constitución de Orkli-Italia como delegación italiana.
  - Orkli construye una nueva planta de fabricación en Arama (Gipuzkoa).
- 2002:** ➤ Creación de una planta de fabricación Orkli en China.
- 2003:** ➤ Inauguración de la nueva planta para la fabricación de colectores Orkli-Gureak.
- 2004:** ➤ Se constituye la delegación de Alemania Orkli-Deutschland.
- 2005:** ➤ Lanzamiento del negocio de Suelo Radiante “Lurbero”

- 
- 2007:**
- Creación de una nueva plataforma logística en Irura (Gipuzkoa).
  - Traslado de la planta de Ningbo a Kunshan.
  - Lanzamiento de la actividad de quemadores de gas Ceramat.

## 4. OBJETIVOS

### OBJETIVOS GENERALES

- Conocer el funcionamiento básico de la gama de productos fabricados en Orkli.
- Desarrollar un diseño robusto basado en un microcontrolador para el control de seguridad de cuatro quemadores.
- Garantizar que la electrónica desarrollada cumpla con la norma establecida para los sistemas automáticos de control y seguridad.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar una electrónica analógica con base en un microcontrolador, que realice el autoaccionado de la mini-electroválvula EV6 y su posterior mantenimiento.
- Elaborar un programa en lenguaje C para un microcontrolador en donde se establezca un criterio eficiente que identifique cada una de las posibles situaciones de fallo de llama en un quemador de encimera.
- Obtener resultados teóricos admisibles que escuden la solicitud de los elementos requeridos para la fabricación del prototipo inicial.
- Ultime detalles de hardware y software en el dispositivo final.



## 5. PLAN DE TRABAJO

- Familiarizarse con el producto realizado en Orkli y el sistema básico de seguridad termoeléctrica.
- Conocer el funcionamiento de la minielectroválvula EV6 y del termopar escogido para la detección de la llama.
- Estudiar los dispositivos electrónicos previamente desarrollados, conocer sus deficiencias y atributos que los respaldan.
- Estimar las respuestas gráficas obtenidas en ensayos reales para establecer las distintas respuestas del controlador ante las posibles situaciones.
- Acotar las propiedades de funcionamiento según la norma de sistemas automáticos de control y de seguridad para quemadores.
- Efectuar el diseño para un quemador y obtener resultados teóricos con la ayuda de simuladores virtuales.
- Elaborar el montaje del sistema, obtener resultados y realizar los ajustes necesarios para lograr un funcionamiento apropiado.
- Elaborar el diseño para cuatro quemadores y efectuar el montaje del dispositivo final.<sup>1</sup>

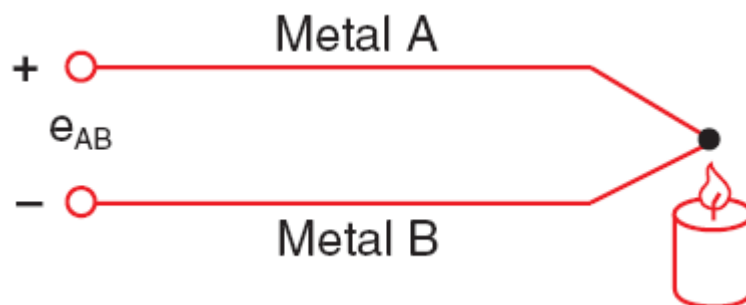
---

<sup>1</sup> Ver diagrama de Gantt del proyecto en Anexo 1.

## 6. MARCO TEÓRICO

### 6.1 TERMOPARES

Cualquier par de materiales termoeléctricamente disimilares y eléctricamente conductores. De forma más precisa, un termopar es la constitución producida por dos cables de metales disimilares que son unidos en uno de sus extremos y al calentar la unión resultante aparece una corriente continua que circulará en el circuito termoeléctrico. Thomas Seebeck realizó este descubrimiento en 1821.



**Figura 2:** Configuración básica de un termopar. [7]

La tensión resultante entre los terminales opuestos a la unión de los metales es llamada tensión de Seebeck y se produce en función de la temperatura en la junta.

Para cambios pequeños de temperatura, la tensión de Seebeck es linealmente proporcional a la temperatura.

$$\Delta e_{AB} = \alpha \Delta T$$

Donde  $\alpha$ , el coeficiente de Seebeck, es la constante de proporcionalidad.

## 6.2 MICROCONTROLADOR PIC

Un microcontrolador es un pequeño ordenador en un solo circuito integrado, el cual consiste de una CPU relativamente simple, con funciones de soporte como el oscilador de cristal, temporizadores, entradas y salidas seriales y analógicas, etc.

Son diseñados para disminuir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la CPU, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.



**Figura 3:** Microcontrolador. [4]

Los 'PIC' son una familia de microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instruments.

## 6.3 COMPILADOR CCS C

La compañía CUSTOM COMPUTER SERVICES ha desarrollado un software de compilación exclusivamente para los microcontroladores PIC de Microchip.

El compilador CCS C incluye un estándar de operadores en lenguaje de programación C y una serie de librerías para específicas para los registros de los microcontroladores PIC.

Algunas de las funciones que incluye el compilador para acceder al hardware del microcontrolador son: *read\_adc()* para leer un valor del conversor A/D. Funciones como *input()* y *output\_high()* para controlar apropiadamente los estados de los registros.

El compilador CCS C se adecua al software MPLAB por medio de un plug-in, el cual te permite utilizar el familiar entorno del software desarrollado por Microchip con las ventajas de las librerías y comandos que dispone CCS.

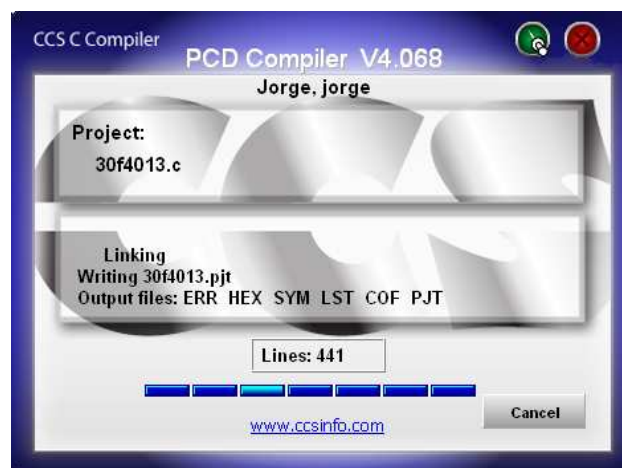


Figura 4: Cuadro de estado de compilación del CCS C compiler. [1]

## 6.4 ELECTROVÁLVULA

Una electroválvula es un dispositivo diseñado para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento.

La válvula EV6 se mantiene cerrada por la acción de un muelle y el solenoide la abre venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo potencia mientras la válvula esta abierta.



**Figura 5:** Electroválvula fabricada en Orkli. [2]

---

## 7 ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS AL PROYECTO

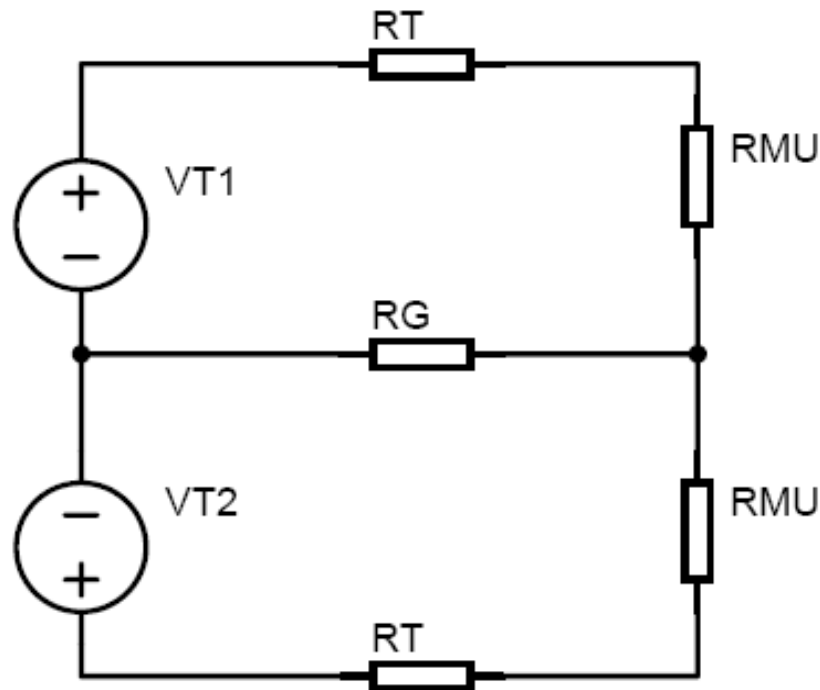
### 7.2 ANÁLISIS TEÓRICO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SEGURIDAD TERMOELÉCTRICA EN UNA ENCIMERA DE LA MARCA FAGOR-BRANDT

La dificultad que presentaba la encimera de cuatro quemadores que había sido devuelta por la compañía del grupo Mondragón **FAGOR-BRANDT** para ser analizada en el área del laboratorio de Orkli, esencialmente consistía en un enganche espontáneo de los grupos magnéticos correspondientes a quemadores sin llama.

La encimera tenía instalado en cada uno de los quemadores un equipo convencional Termopar-Grupo sin electrónica añadida.

Era necesario proyectar un diagrama esquemático ideal del circuito termoelectrónico formado por los cuatro termopares y grupos magnéticos. En el sistema, se debía considerar la resistencia que supone los cables de la instalación y la resistencia interna tanto de los grupos magnéticos como de los termopares.

Así mismo, era primordial realizar las mediciones de los valores reales de las resistencias de los termopares y de los grupos magnéticos, los valores de enganche y desenganche de los grupos para corroborar su correcto funcionamiento y valores de generación de los termopares sin carga con caudal máximo y mínimo.



**Figura 6:** Diagrama esquemático ideal del circuito termoeléctrico de la encimera FAGOR-BRANDT en 2 quemadores. [1]

La figura 6 plantea el circuito ideal en donde las resistencias internas  $RT$  son del mismo valor en los dos termopares, al igual que las resistencias  $RMU$  son iguales en los dos grupos magnéticos.

La resistencia  $RG$  representa la resistencia del cable de masa que va desde el chasis de la estufa hasta los grifos. Teóricamente este cable representa un corto circuito por lo tanto el valor teórico de  $RG$  es cero.

Se realizó una prueba con dos quemadores en donde uno de ellos se encontraba en posición de funcionamiento del sistema y el otro sin llama. Para efectos de simplicidad clasificaremos a todos los componentes de seguridad

que pertenezcan al quemador con llama con el número 1 y a los del quemador sin llama con el número 2.

Se obtuvo los valores reales de generación de los termopares VT1 y VT2 e imprevisiblemente se evidenció un valor negativo en los bornes del grupo magnético 2, cuando este debería conservar una tensión nula. Esto suponía que existía un flujo de corriente a través del grupo y que además era en sentido contrario a la polarización oportuna.

La tensión VT2 es igual a cero, por lo tanto la corriente residual que fluía a través de RMU2 provenía del circuito de seguridad del quemador 1 y debía ser igual o superior a 20mA que es el valor nominal de enganche del grupo magnético utilizado por FAGOR-BRANDT en esta aplicación en concreto.

Esta derivación era producto del alto valor resistivo del cable utilizado para conducir la masa de los grupos magnéticos hacia los grifos.

Para conocer los valores críticos de RG que ubican el sistema de seguridad en un errado funcionamiento se realizaron simulaciones virtuales utilizando en el software Pspice AD. Los valores reales de las resistencias internas fueron incluidos en la simulación. Los resultados de las simulaciones exponen los valores de corriente a través del grupo magnético 2 al realizar un barrido en el parámetro RG desde el 0 ohmios hasta 20 miliohmios con un incremento de 1 ohmio por step. El barrido de un parámetro distinto a tensión o intensidad representó la creación de un modelo resistivo en el código de programación del circuito. También se ha realizado un barrido en tensión DC que corresponde a distintos valores de generación del termopar 1 (VT1) y al eje de abcisas en los resultados gráficos



Se han trazado dos líneas horizontales de valor 15mA y 25mA para establecer una zona crítica de corrientes que pueden efectuar el enganche del grupo magnético 2.

De los resultados se pueden realizar interpretaciones que permitan realizar una adecuada instalación del sistema de seguridad. Un ejemplo de estas deducciones puede ser: “a tensiones de generación de 5mV de un termopar con carga ubicado en un quemador con llama, la resistencia del cable que une la masa de los grupos magnéticos con la masa en los grifos debe ser menor a 8 miliOhmios. Para valores mayores a esta resistencia, surge el riesgo de enganche espontáneo en grupos magnéticos de quemadores inactivos”.

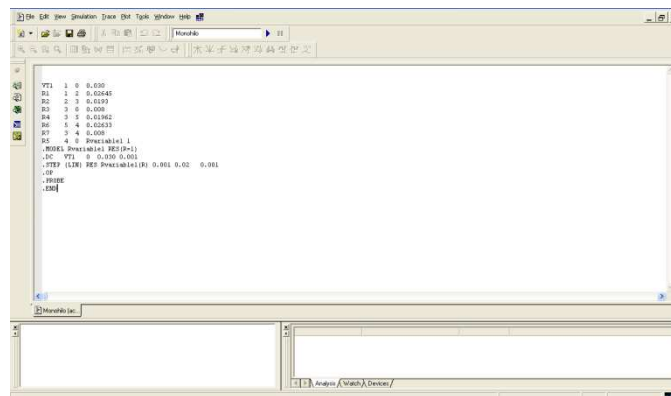


Figura 7: Entorno de simulación Pspice A/D. [1]

La solución que se le brindó al cliente fue realizar una instalación distinta en donde los grupos y los termopares estuvieran conectados a tierra con cables individuales y de corta longitud. Sin embargo, la alternativa más favorable para Orkli era que el cliente prefiriera utilizar termopares de un solo hilo sobre los de dos hilos, debido a que este tipo de termopar es de mayor costo por sus características. Se realizaron las simulaciones para evidenciar las mejoras de un sistema de termopares monohilo y los resultados eran notoriamente superiores a los obtenidos previamente en el sistema de dos hilos.

```

VT1    1 0 0.030
R1     1 2 0.02645
R2     2 3 0.0193
R3     3 0 0.008
R4     3 5      0.01962
R6     5 4 0.02633
R7     3 4 0.008
R5     4 0 Rvariable1 1
.MODEL Rvariable1 RES(R=1)
.DC    VT1 0 0.030 0.001
.STEP (LIN) RES Rvariable1(R) 0.001 0.02 0.001
.OP
.PROBE
.END
    
```

**Figura 8:** Código Pspice de simulación del sistema monohilo. [1]

De los resultados obtenidos se puede concluir que se requiere una resistencia de conexión a tierra muy grande y una generación muy alta para obtener un valor de corriente suficiente que permita el enganche del grupo magnético 2, una situación improbable que avala la certidumbre del sistema de seguridad.

### **7.3 CARACTERIZACIÓN DE GRUPOS MAGNÉTICOS Y TERMOPARES EN UNA COCINA CON GRILL Y HORNO A GAS DE LA MARCA ELECTROLUX.**

Electrolux envió a Orkli una de sus estufas para realizar un análisis del desenganche de los grupos magnéticos instalados. Se procedió a revisar la instalación de los grupos y de los termopares y verificar si la llama de los quemadores actuaba de forma apropiada sobre los termopares.



**Figura 9:** Quemador semirapido de estufa Electrolux. [1]

El procedimiento estándar para localizar la avería en el sistema de seguridad consiste en la desinstalación de los grupos magnéticos, la enumeración de cada uno de ellos de acuerdo a la posición de los quemadores, la medición de la corriente de enganche y de desenganche de cada uno de ellos, medición de la resistencia interna y medición de las generaciones con carga del sistema en posición de funcionamiento sin cazuela y con cazuela utilizando una tarjeta de adquisición de datos y un software desarrollado en Labview.

Después de adquirir todos los datos, se pudo evidenciar que en 2 de los quemadores no se registraban los valores de generación apropiados cuando se instauraba el caudal mínimo. El problema yacía en la rampa, probablemente en uno de los grifos de regulación, lo cual ya no concierne a Orkli.

#### **7.4 FABRICACIÓN DE TERMOPARES MUESTRA PARA LA COMPAÑÍA BSH ESPAÑA.**

Regularmente algún cliente de Orkli solicita una muestra de termopares exigiendo unas condiciones específicas necesarias para sus aplicaciones. Debido a que es una cantidad pequeña de muestras, es incoherente solicitar

que se elaboren en una línea de fabricación, es por eso que se elaboran de manera manual.

Bajo la instrucción de lakes López (encargado del área de laboratorio de Orkli) Se recorrió cada uno de las estaciones de trabajo necesarias para la fabricación del termopar. Algunos de los procesos involucrados en orden de realización son:

- Elección de la cabeza, hilo y conducto.
- Soldadura de la cabeza y el hilo empleando soplete y estaño.
- Soldadura del hilo de masa con el conducto usando soplete (En caso de termopar de dos hilos).
- Inserción de la cabeza en el conducto y establecimiento de la cota requerida.
- Ensamble del conducto y cabeza del termopar empleando FLUX y soldadura por convección.
- Limpieza de impurezas en el termopar por medio de agua jabonosa y ondas ultrasónicas que se transmiten a través del agua.
- Pulimento del conducto.
- Elección de los terminales.
- Soldadura de los terminales empleando el soldador y estaño.
- Medición de la resistencia del termopar.

Después de la fabricación se procedió a empacar las muestras y a enviarlas a BSH ESPAÑA.

Una vez el cliente ha probado las muestras y estas han logrado los resultados esperados, es habitual recibir un pedido de miles de termopares, en este caso se realiza la elaboración en las líneas de fabricación.

## 8 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

### 8.1 CONOCIMIENTO DEL PRODUCTO

Se realizaron recorridos por el área de producción de termopares y de grupos magnéticos, los cuales se emplearon para conocer los procesos involucrados en la fabricación. Se logró apreciar que aunque la mayoría de las líneas de producción poseen una elevada automatización, aun es importante la supervisión por parte de recursos humanos.

Se ha estudiado la información concerniente a los termopares y los grupos magnéticos. Las variaciones de los termopares radican en las aplicaciones en las que serán usados, debido a esto, existen notables diferencias entre sus contactos, tubos, conductos y cabezas.

Orkli tiene una gran gama de termopares, tanto para las casas como para la industria, en total más de 1500 referencias, debido a que el producto es adaptado a las necesidades del cliente.

Se pueden clasificar de la siguiente manera: universal, interrumpido, interrumpido hilo, calentador, piloto de cabeza gruesa y modelos diferentes de cabezas según las características.

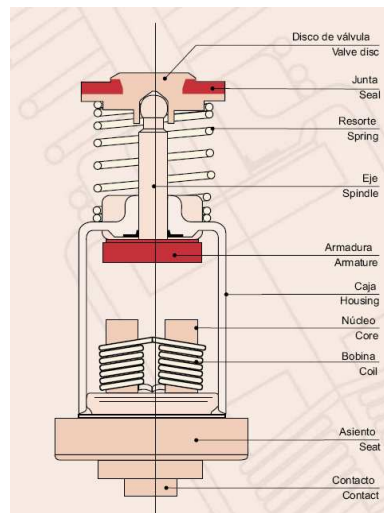


Figura 10: Termopares de Orkli. [2]

Los grupos magnéticos también son fabricados en las líneas de producción de Orkli.

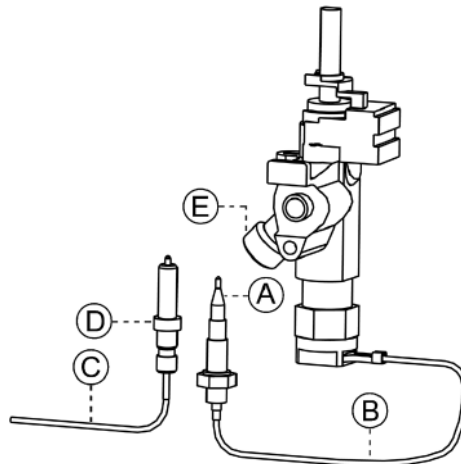
Los grupos magnéticos son válvulas de seguridad gas que responden al comportamiento de la señal de llama. Como su función es abrir o cerrar el paso del gas se ubica en el interior de la válvula. Por esta razón cada cliente utiliza un grupo magnético concreto, según las características que tienen las válvulas de sus calentadores.

Orkli también tiene una gran gama de grupos magnéticos, en total alrededor de 1000 referencias. Se pueden clasificar de la siguiente manera: estándares (G-15, G-80), mini equipos, especiales para conectar dos termopares y diferentes diseños según las válvulas.



**Figura 11:** Grupo magnético. [2]

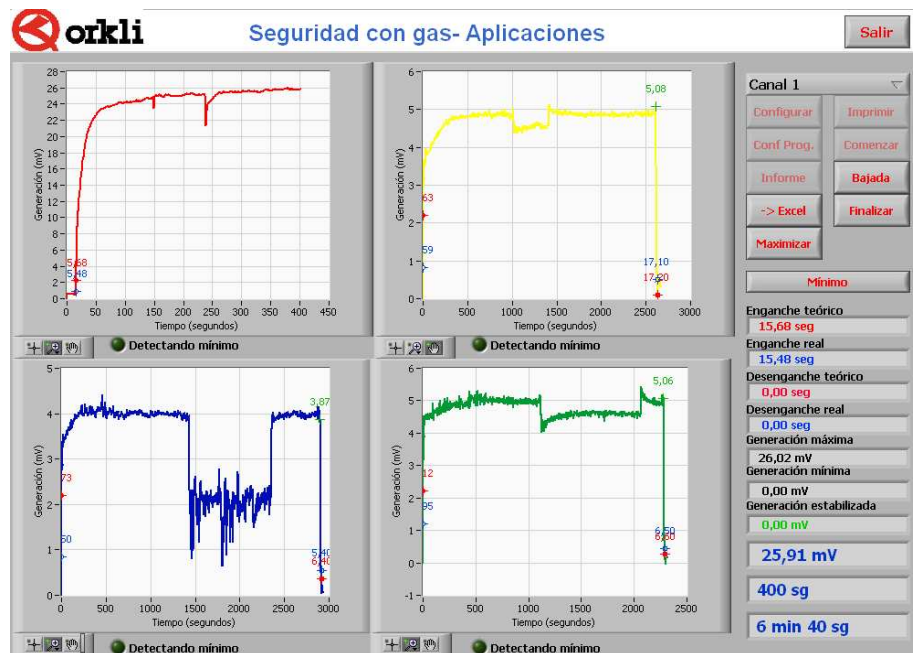
En un sistema de seguridad termoeléctrica gas de una encimera de cocina, se requiere un termopar y un grupo magnético por quemador. El grupo magnético es ubicado en el grifo, sin embargo no regula el caudal de gas, se podría afirmar que los grupos son válvulas de tipo On/Off



**Figura 12:** Conexión tradicional de un sistema de seguridad con termopar y grupo magnético. A. Termopar de seguridad, B. Conexión termopar-grifo, C. Conexión generador de chispa, D. Bujía de encendido, F. Grifo de seguridad. [2]

## 8.2 COMPRESIÓN DEL PROGRAMA PARA TEST DE TERMOPARES

El programa de LabVIEW para el test de los termopares ha sido creado para analizar las características de los grupos de seguridad y termopares fabricados por Orkli.



**Figura 13:** Panel de control del programa de seguridad con gas. [1]

El programa permite probar simultáneamente hasta cuatro termopares. La prueba tiene cuatro fases:

- Subida: La prueba se da por iniciada cuando el termopar genera una tensión mayor que la tensión mínima para el inicio de prueba (configurable por el usuario). En esta fase se recogen dos puntos, correspondientes al enganche real y al enganche teórico. La adquisición de datos se realiza a 100 muestras por segundo durante esta fase. La fase termina cuando ha transcurrido un tiempo determinado (configurable por el usuario).
  
- Parte alta: En esta fase se mantiene la generación del termopar y se realiza una prueba que consiste en bajar la intensidad de la llama y recoger la tensión mínima generada. También se recoge la tensión máxima generada. Durante esta fase los datos se adquieren a menor velocidad, típicamente a un dato por segundo o incluso menos. La velocidad de adquisición de datos es configurable por el usuario. La fase termina cuando el usuario pulsa una tecla y, a partir de dicha pulsación, se detecta una bajada en el valor generado. En el momento en que se pulsa la tecla se guarda la tensión, que se considera es la generación estabilizada del sistema.
  
- Bajada: En esta fase la tensión generada va decreciendo. La adquisición de datos se hace a 10 muestras por segundo. El programa es capaz de detectar el desenganche real a partir del análisis del pico de tensión generado cuando dicho desenganche ocurre. También se guarda el momento en el que se da el desenganche teórico. Para evitar que el desenganche teórico coincida con el pico de tensión generado durante el desenganche, es posible definir un tiempo a partir de la detección del desenganche en el cual no se mira si se ha detectado el desenganche teórico. Es posible deshabilitar la detección del desenganche real. Si dicha opción no está habilitada, se considera que se ha desenganchado



cuando la tensión generada es menor que cierto límite definido por el usuario.



Figura 14: Tarjeta de adquisición de datos. [1]

### 8.3 PARAMETROS DE FUNCIONAMIENTO SEGÚN LA NORMA UNE-EN 298

La norma UNE-EN 298 define los requisitos para la construcción y funcionamiento, los métodos de ensayo y el marcado de los sistemas automáticos de control y de seguridad para quemadores y aparatos, con o sin ventilador, que utilizan combustibles gaseosos.

#### 8.3.1 PROGRAMACIÓN

- El programa debe cumplir las indicaciones detalladas en las instrucciones del fabricante.

- El programa debe ser tal que sea imposible realizar dos o mas acciones cuya simultaneidad pudiera originar daños a las personas o a los bienes. El orden de las acciones se debe fijar de forma que sea imposible modificarlo.
- Las válvulas automáticas de corte que controlan el caudal de gas de encendido no deben normalmente ponerse bajo tensión antes que el dispositivo de encendido.
- El dispositivo de encendido debe ponerse fuera de tensión al finalizar o antes de finalizar el tiempo de seguridad.
- Las válvulas de tensión no deben ponerse bajo tensión antes de que el dispositivo de encendido haya alcanzado la temperatura suficiente para encender el gas.
- Cuando un sistema tiene un periodo de verificación de la llama de encendido, este debe ser superior o igual al declarado por el fabricante.
- En el caso de control de chispa, esta función debe realizar antes de liberar el gas.
- Durante la secuencia de arranque, el sistema debe verificar si existe señal de llama. Si existe señal de llama, el sistema no debe iniciar la siguiente etapa en la secuencia de arranque, o debe proceder al menos a la parada por seguridad. Este ciclo de verificación debe tener lugar antes de poner bajo tensión cualquier válvula y debe tener la duración suficiente para garantizar una verificación segura y fiable.
- Si no se detecta señal de llama al finalizar el tiempo de seguridad, el sistema debe proceder a un bloqueo o rearme, si es de aplicación.

- Si se utiliza un dispositivo de control de chispa, el fallo al detectar una chispa durante el tiempo de control de la misma declarado por el fabricante, debe conducir al menos a una parada por seguridad.
- Los sistemas de reencendido deben estar diseñados de forma que después de la desaparición de la llama controlada, el dispositivo de encendido se ponga bajo tensión en un tiempo inferior o igual a 1 segundo. Durante esta acción, la señal de llama debe estar presente antes de finalizar el tiempo de seguridad; en caso contrario, el sistema debe proceder a un bloqueo.
- La secuencia de arranque puede reiniciarse cuando desaparece la causa de la situación de parada por seguridad.

### 8.3.2 TIEMPOS

- Tiempo de seguridad: Este tiempo no debe aumentarse a causa de fallos internos tales como desgaste y deterioro, caídas de la exactitud de los reglajes, y causas similares.
- Tiempo de respuesta en caso de fallo de la llama: El tiempo de respuesta transcurrido entre la desaparición de la llama controlada y el corte de la tensión resultante a los bornes de las válvulas de seguridad de corte, debe ser inferior o igual a 1 segundo, salvo especificación en contra requerida por una norma de aplicación específica.
- Tiempo de reacción para alcanzar la parada por seguridad: El tiempo para alcanzar la parada por seguridad, cuando este se requiere, debe ser inferior

o igual a 1 segundo, salvo especificación en contra requerida por una norma de paliación específica.

## 8.4 ESTUDIO DE TECNOLOGIA EXISTENTE

### 8.4.1 “EGME” SISTEMA ELECTRÓNICO PARA ENCIMERA DE GAS

El sistema EGME se compone de un grifo unido a un cuerpo valvular, un switch de giro y una tarjeta de control que gobierna todas las funciones de la encimera.



Figura 15: Sistema EGME. [3]

### 8.4.2 FUNCIONES DEL SISTEMA

- Encendido y apagado del sistema del tipo “one touch”.
- Supervisión electrónica continua de todo el sistema.
- Seguro de niños.
- Encendido asistido de los quemadores al giro de la maneta.

- Detección de llama.
- Re-encendido ante el apagado accidental de la llama.
- Parada de emergencia.
- Parada por límite de tiempo a cada quemador: 6 horas.
- Protección de válvula de seguridad ante cualquier fallo del sistema.
- Indicaciones del estado de la encimera y de cada quemador a través de LEDs externos.

#### 8.4.3 PRUEBAS REALIZADAS EN UNA ENCIMERA ER18358EU SIEMENS CON SISTEMA EGME.

Era importante entender plenamente el funcionamiento del sistema EGME fabricado por la compañía COPRECI y con los resultados de los ensayos propuestos concebir algunos parámetros de funcionamiento de la electrónica que se pensaba realizar. Puesto que COPRECI utiliza algunos de los productos fabricados en Orkli, la sección de laboratorio había adquirido algunas cocinas con el sistema EGME instalado. Se escogió la encimera ER18358EU para realizar las mediciones oportunas.

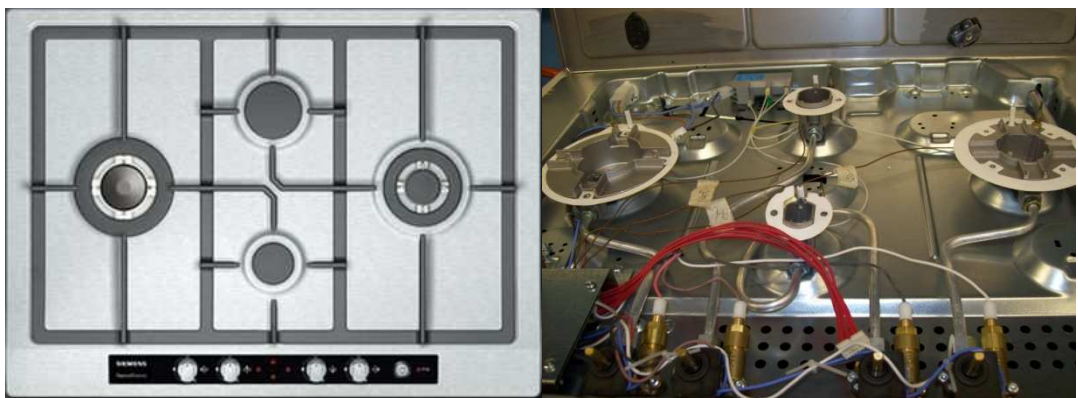


Figura 16: Encimera ER18358EU SIEMENS. [1]

El termopar que se encontraba situado en la encimera era un contra-termopar de 1,8 cms de longitud en la cabeza. La contra era necesaria ya que el microcontrolador tenía programado una tensión máxima de generación del termopar de 27 mV. Si el sistema superaba el límite, se generaba un firme bloqueo. Es importante que la llama incida siempre en el termopar con el fin de que la generación se mantenga entre los límites de funcionamiento de la tarjeta electrónica.

La tarjeta electrónica EGME identifica la situación de la llama y confecciona un comportamiento patrón de la generación en tiempo real. Cuando el diferencial entre la rampa patrón y la real es mayor al establecido por COPRECI, se fuerza un re-encendido y en caso de un intento fallido de re-encendido se efectúa un firme bloqueo.

Para las pruebas se utilizó gas butano con una presión de 28 mBars en el quemador semirapido de la encimera. Los ensayos propuestos consistían en la medición de la generación con caudal máximo y con caudal mínimo sin cazuela y con cazuela, igualmente medir un valor relativo de las variaciones de tensión en la señal de llama cuando existe una perturbación en la misma causada por el viento.

#### TERMOPAR CON CABEZA DE 1,8 CMS-QUEMADOR SEMIRAPIDO

##### ENSAYO SIN CAZUELA

	Caudal Máximo	Caudal Mínimo
<b>Generación</b>	18,02mV	11,6mV
<b>Variación de generación bajo perturbación ( viento)</b>	5mV aprox.	3mV aprox.

##### ENSAYO CON CAZUELA

	Caudal Máximo	Caudal Mínimo
<b>Generación</b>	17,9mV	11,2mV
<b>Variación de generación bajo perturbación ( viento)</b>	4mV aprox.	2mV aprox.

**Tabla 1:** Resultados de los ensayos del sistema EGME con TP de 1,8 cms con contra. [1]

El sistema EGME funcionaba correctamente en el quemador auxiliar y en los semirapidos, sin embargo, en el quemador rápido al instaurar el caudal máximo, la generación del termopar era superior a los 27 mV del umbral programado por COPRECI y se producía un firme bloqueo. La única posibilidad de encender los quemadores es por medio del rearme.

Se construyó un termopar con una cota de 1,5 cms exclusivamente para realizar las mismas mediciones que se tomaron con el termopar de cota 1,8 cms. Se instaló en el mismo quemador semirapido y se estudio el comportamiento de la generación con el software de adquisición de datos desarrollado en Labview.

#### TERMOPAR CON CABEZA DE 1,5 CMS-QUEMADOR SEMIRAPIDO

##### ENSAYO SIN CAZUELA

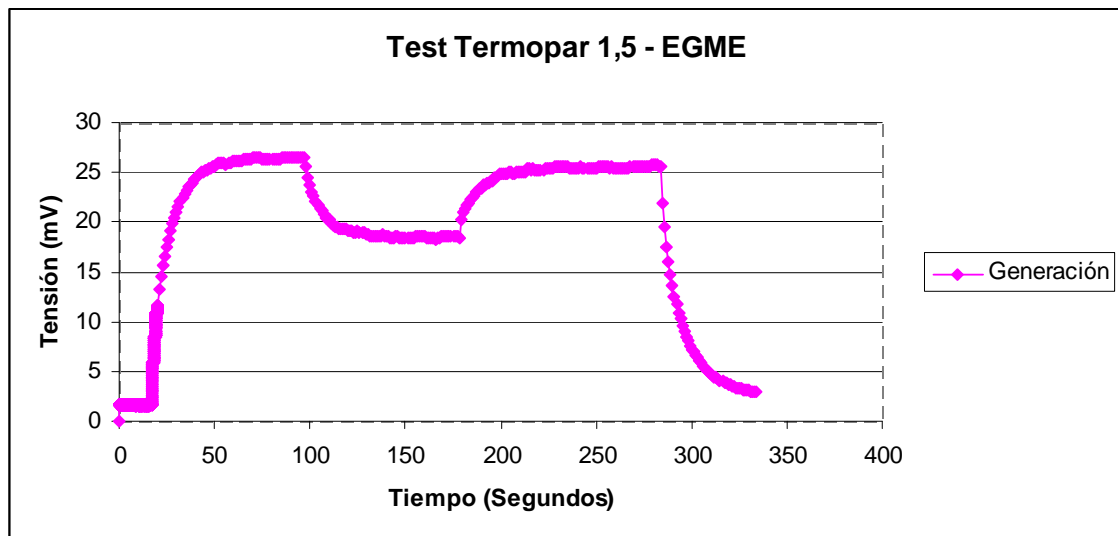
	Caudal Medio	Caudal Mínimo
Generación	26,47 mV	16,05 mV
Variación de generación bajo perturbación ( viento)	4mV aprox.	2mV aprox.

##### ENSAYO CON CAZUELA

	Caudal Medio	Caudal Mínimo
Generación	25,8 mV	16,02mV
Variación de generación bajo perturbación ( viento)	4mV aprox.	2mV aprox.

**Tabla 2:** Resultados de los ensayos del sistema EGME con TP de 1,5 cms sin contra. [1]

La generación del termopar con caudal máximo era muy superior al límite de funcionamiento de la tarjeta. Por ende, se decidió realizar la medida con un caudal medio. Debido a que el termopar fue construido sin contra su conducta era rápida y el control del sistema era equívoco al superar el umbral.



**Figura 17:** Resultado gráfico de la prueba de generación del termopar 1,5 en un sistema EGME sin cazuela. [1]

Cabe resaltar que el modelo del sistema EGME que se ensayó era una versión vieja que ya no se encuentra operativa. La versión actual del sistema EGME no conserva la restricción de los 27mV de generación máxima.

## 8.5 DISEÑO DEL PRIMER PROTOTIPO DE DISPOSITIVO DE CONTROL

Según la información que detalla el funcionamiento de la electroválvula EV6, su accionado se produce bajo un pico de tensión de amplitud 65v generado por la descarga de un condensador de 220 $\mu$ F. En diseños realizados por el centro de investigaciones tecnológicas de Mondragón IKERLAN, el cual posee un estrecho vínculo con Orkli debido a que ambas entidades pertenecen a *Mondragón Corporación Cooperativa*, se evidenciaba que este requisito era imprescindible y posteriormente se tuvo la oportunidad de corroborarlo de forma práctica en el laboratorio de Orkli con el sistema EGME y también utilizando una fuente generadora de pulsos para examinar el autoaccionado.



Los módulos del sistema de seguridad que se ha planteado diseñar son:

- Fuente regulada de 5V DC para la alimentación del Microcontrolador y otros dispositivos.
- Elementos para la regulación del voltaje de carga a 100v.
- Módulo de accionado en donde se realizará la carga de un condensador de 220 $\mu$ F y la posterior descarga con beneplácito del microcontrolador.
- Dispositivo de control de chispa.
- Dispositivo de generación de corriente de mantenimiento.
- Programación del Microcontrolador y diseño de toda la electrónica necesaria para el sistema de seguridad con fallo de llama.
- Acondicionamiento de la señal de llama para su posterior lectura del conversor analógico digital.

## **8.5.1 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑAL**

### **8.5.1.1 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN**

Es necesario manipular la señal de llama de tal forma que encaje en los requerimientos de la conversión Analógico/Digital. Usualmente el acondicionamiento de señal puede incluir amplificación, filtrado, conversión, establecimiento de rangos y cualquier otro proceso requerido para el procesamiento de la señal por parte del microcontrolador.

Se denomina amplificador de instrumentación a todo circuito que posea simultáneamente: Alta impedancia de entrada, alto rechazo del modo común, ganancia estable que sea a la vez variable con una única resistencia y tensión y corrientes de Offset bajas e impedancia de salida también baja.

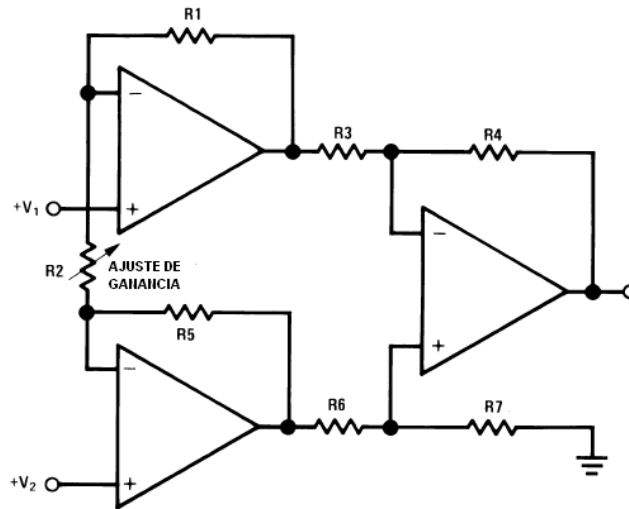


Figura 18: Amplificador de instrumentación. [5]

La figura 18 es la configuración básica del amplificador de instrumentación compuesto por tres amplificadores operacionales. La resistencia R2 es variable con el fin de controlar la ganancia, esta resistencia es conocida como resistencia de ajuste. Asumiendo que todas las resistencias son del mismo valor, la ecuación que define la salida amplificada es:

$$V_O = 1 + \frac{2R_1}{R_2} (V_2 - V_1)$$

#### 8.5.1.2 PRUEBAS REALIZADAS CON LOS A.I's

En el proyecto se ha utilizado un acondicionamiento de la señal de llama por medio de un amplificador de instrumentación.

Inicialmente se realizó pruebas con dos amplificadores de instrumentación de referencias distintas, el primero es el AD627 de la marca *Analog Devices*, el

cual provee ganancias en voltaje incluso de 1000. Teniendo en cuenta que la ganancia requerida para adecuar la señal del termopar a los parámetros de funcionamiento del conversor analógico/digital del microcontrolador esta entre 150 y 200, el amplificador de instrumentación AD627 cumple perfectamente con los niveles de amplificación necesitados.

Así mismo se realizaron pruebas de acondicionamiento de señal con el dispositivo AMP02 también de la marca *Analog Devices* pero con un mayor rango de ganancias que puede llegar a una ganancia máxima de 10000.

Es importante indicar que el circuito integrado AD627 basa su funcionamiento en un amplificador de instrumentación con una configuración de dos amplificadores operacionales.

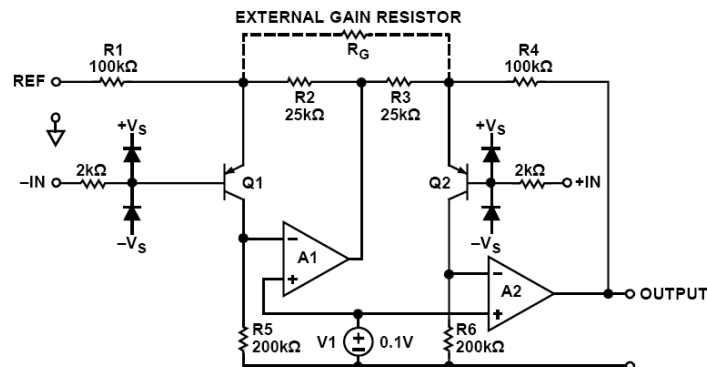
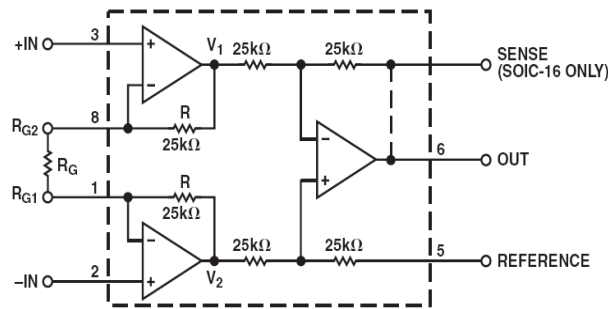


Figura 19: Topología de dos Amplificadores operacionales. [5]

El circuito esta adecuado para obtener una relación de rechazo de modo común alta. Cambiando el valor de la resistencia  $R_G$  se pueden obtener ganancias mayores o menores.

A diferencia del AD627, el circuito integrado AMP02 posee configuración con 3 amplificadores operacionales.



**Figura 20:** Topología de tres Amplificadores operacionales.[5]

Para la realización de las pruebas se utilizó un termopar de 1.5 cms de cabeza con contra. Se realizó el circuito de acondicionamiento de señal en una *protoboard* debido a lo práctico que resulta la identificación de problemas debido a malas conexiones y de esta forma la solución de los mismos.

Se utilizó un briquet comercial el cual se ubicó en la cabeza de termopar para incrementar la tensión de entrada en ambos amplificadores de instrumentación.

Se pudo apreciar que con la llama más fuerte producida por el briquet se obtenía 22 mV de generación en los terminales del termopar. La ganancia finalmente se estableció en 225.

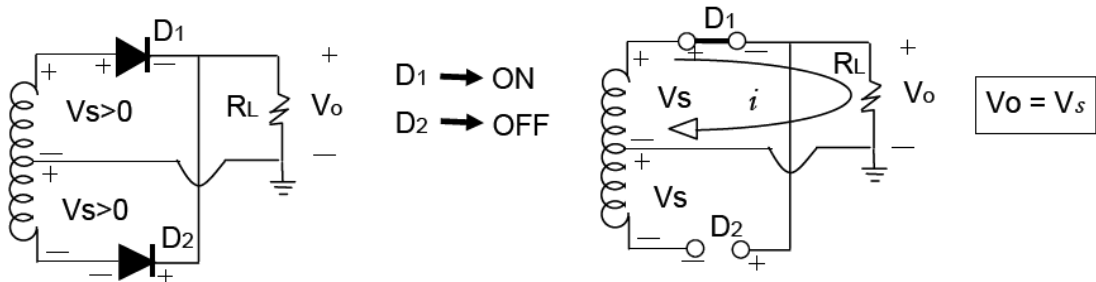
### 8.5.2 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

La tarjeta que alberga el dispositivo de control tiene 2 tensiones de funcionamiento, una necesaria para efectuar la carga del condensador de 220 $\mu$ F la cual debe ser 100 Voltios y la otra para alimentar el microcontrolador y la electrónica añadida al dispositivo de control de 5 voltios.

Las dos tensiones provienen de la rectificación y regulación de la tensión que provee la red eléctrica.

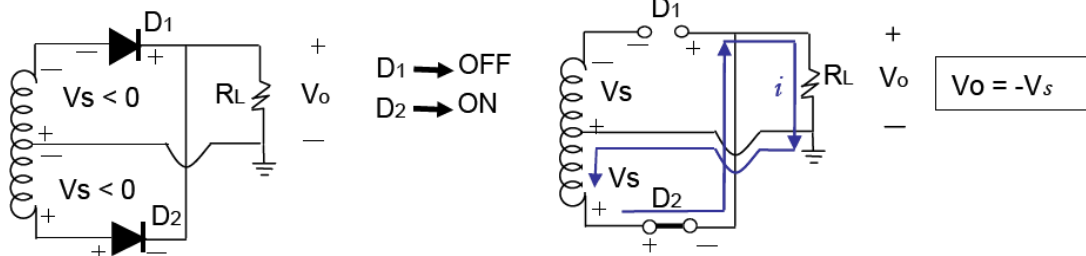
Para obtener la tensión de 5 voltios de alimentación se empleó un circuito rectificador de onda completa con dos diodos y transformador con TAP central conocido como *Circuito rectificador de onda completa con transformador con punto medio*. En el bobinado primario se sitúan 230 voltios correspondientes a la red eléctrica y en el secundario surgen 6 voltios de tensión AC. A este tipo de transformadores se les conoce como *transformadores reductores de tensión*.

**$V_s > 0$  (Semiciclos positivos)**



a)

**$V_s < 0$  (Semiciclos negativos)**



b)

**Figura 21:** Análisis de corrientes del circuito rectificador de onda completa con transformador con punto medio. a) Semiciclo positivo b) Semiciclo negativo. [8]

Después se realiza un filtrado con un condensador de  $1000\mu\text{F}$  el cual reduce las variaciones de voltaje estableciendo un nivel de tensión cercano a los 6 Vdc.

La regulación de tensión se realiza de la forma más sencilla con un diodo zener en paralelo a la carga y un una resistencia serie de entrada.

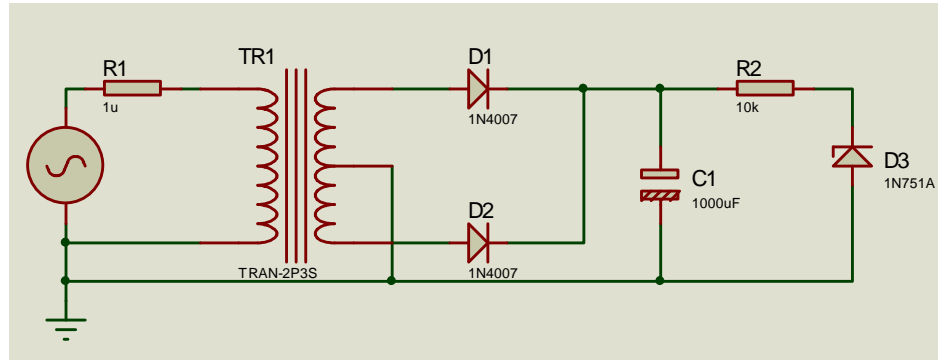


Figura 22: Diagrama esquemático de fuente de alimentación simulada en PROTEUS ISIS. [1]

### 8.5.3 ELECCIÓN DEL MICROCONTROLADOR

La elección del microcontrolador dependió sólo de las características del conversor A/D, de los módulos de comunicación, de la disponibilidad del dispositivo en tecnología de montaje superficial (SMT) y en tecnología de través de agujero (PTH).

También fue fundamental escoger un microcontrolador que se adecue al quemador disponible. En nuestro caso el quemador GTP-USB.

Inicialmente se había escogido el microcontrolador PIC16F877 para ser el dispositivo de control del sistema, no obstante se debió descartar este microcontrolador de la marca Microchip debido a su carencia de interrupciones externas y a su resolución en la conversión analógica a digital de 8 bits. Esta resolución podría parecer suficiente, pero al realizar muestreos muy rápidos como los que se realizan en el estado de arranque es fundamental establecer la diferencia de voltaje existente entre una muestra y la siguiente.

Finalmente se decidió emplear el dsPIC30F4030 el cual posee las interrupciones externas necesarias para desarrollar un código en donde los fallos de llama y las acciones de seguridad gozan de la mayor prioridad.

### 8.5.4 dsPIC30F4013

El dsPIC30F4013 es una poderosa herramienta que dispone de las características más valiosas de un microcontrolador con las ventajas en el tratamiento de señales de los DSP's.

El concreto la familia 30F posee peculiaridades que no ofrecen otros microcontroladores y que incrementan su funcionalidad. Su conversión analógica a digital posee una resolución que supera con creces la de los microcontroladores habitualmente usados en aplicaciones industriales. Su número de interrupciones externas e interrupciones de desbordamiento del timer es superior al de la mayoría de microcontroladores actuales.

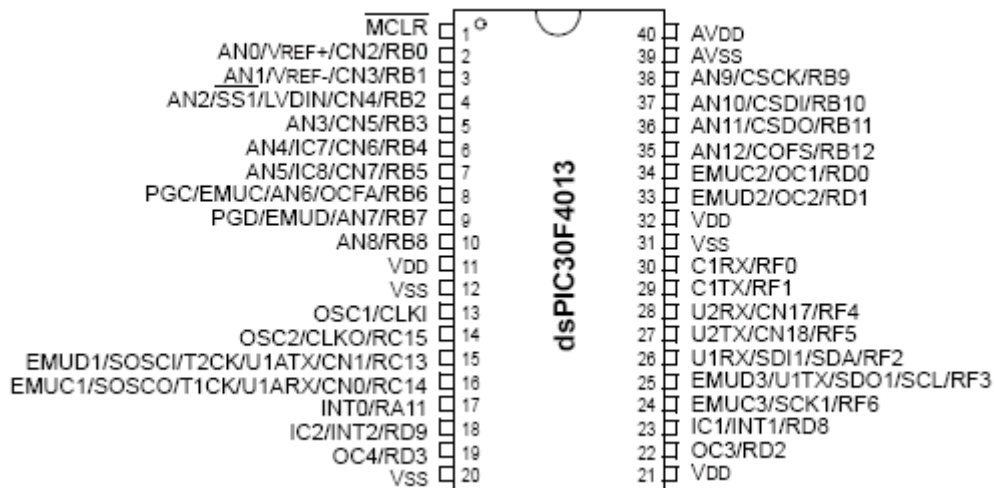


Figura 23: dsPIC30F4013. [6]

### 8.5.5 PROTEUS ISIS

El módulo ISIS para la simulación de circuitos electrónicos permite al usuario obtener una perspectiva preliminar de los resultados del diseño antes de empezar a articular el dispositivo en un breadboard o en PCB.

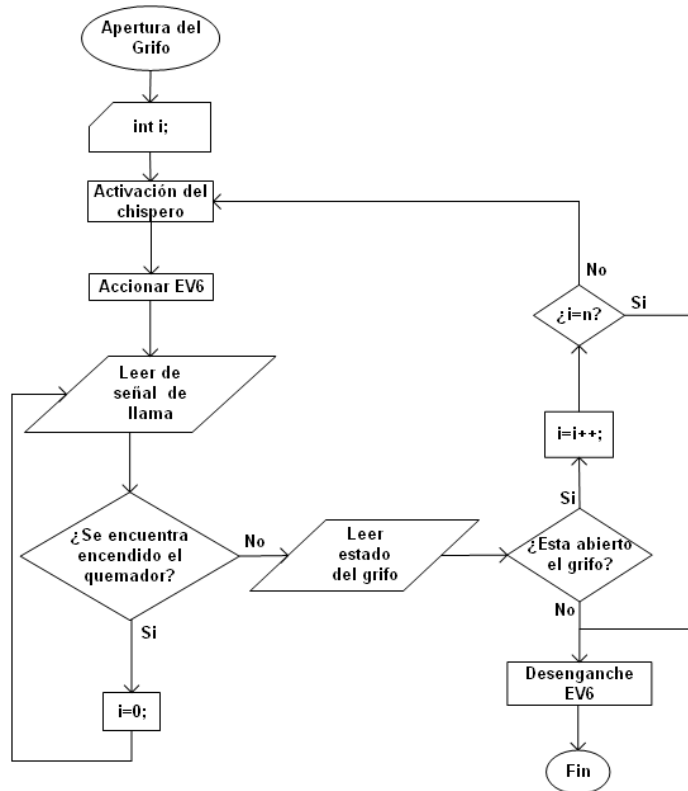
A diferencia de otros simuladores virtuales, PROTEUS permite la simulación de circuitos que fusionen sistemas analógicos y digitales. Además, permite la simulación de dispositivos programables como: memorias EPROM, microcontroladores y FPGA's, etc.

Al utilizar PROTEUS podemos tener una clara idea de cómo se comportará el sistema que deseamos realizar antes de realizar el montaje físico.

Como primer diseño se planteó un dispositivo de control del autoaccionado y mantenimiento de la electroválvula EV6. La adquisición de la señal de llama se simuló con un divisor de tensión variable (potenciómetro lineal). Posteriormente se utilizó el software ISIS para simular las secciones de acondicionamiento y de alimentación del sistema.



### 8.5.6 PROGRAMA



**Figura 24:** Diagrama de flujo básico del arranque y funcionamiento del sistema de seguridad en un quemador. [1]

La figura 24 sintetiza de manera sencilla el comportamiento del sistema de seguridad de un quemador. La variable “i” representa el número de intentos de reencendidos efectuados por el sistema durante el tiempo de seguridad establecido en la programación. La constante “n” constituye el número de intentos de reencendido permitidos por el sistema EV durante el tiempo de seguridad establecido antes de entrar a realizar el bloqueo.

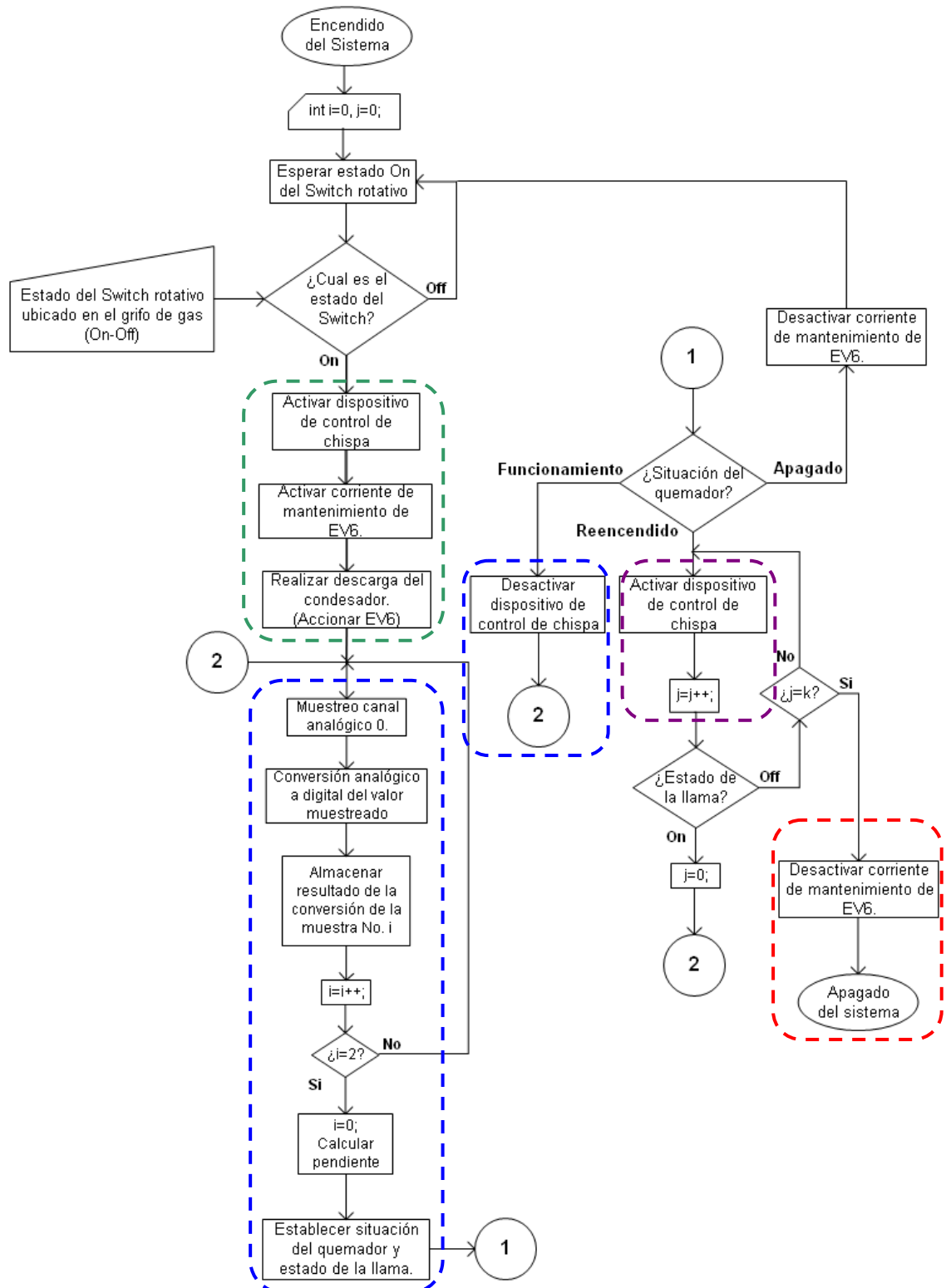


Figura 25: Diagrama de flujo completo del funcionamiento del sistema de seguridad en un quemador. [1]

La figura 25 constituye el funcionamiento general del sistema de seguridad gas en un quemador utilizando la electroválvula EV6. El muestreo del canal analógico 0 se realiza a la señal de salida del dispositivo de detección de llama y no a la llama controlada.

La sección del diagrama de flujo delimitada por la línea entrecortada de color verde representa la secuencia de arranque del sistema. El orden de las tareas realizadas por el sistema en esa etapa es definido de acuerdo a la norma EN 298, la cual indica que las válvulas automáticas de corte que controla el caudal de gas de encendido no deben normalmente ponerse bajo tensión antes que el dispositivo de encendido.

La sección del diagrama de flujo delimitada por la línea entrecortada de color azul representa la posición de funcionamiento del sistema. En un quemador activo, el sistema permanecerá en esta etapa mientras no se le indique que pase a un estado inactivo (apagado) o mientras no ocurra algún fallo en la llama. La variable  $i$  es utilizada para contar el número de muestras que ha almacenado el dispositivo de control antes de establecer el estado actual de la llama y consecuentemente la situación del quemador.

La sección del diagrama de flujo delimitada por la línea entrecortada de color púrpura constituye la acción de seguridad de reencendido del sistema de seguridad gas. Esta acción se limita a activar el dispositivo de control de chispa y realizar los intentos de reencendido necesarios para lograr encender el quemador después de haber ocurrido un fallo de llama. El número máximo de intentos de reencendido está indicado con la constante  $k$  y está directamente relacionado con la frecuencia de la red eléctrica y el tiempo de seguridad establecido por el fabricante. La variable  $j$  es utilizada para contar las veces que el sistema ha intentado un reencendido.

Después de cumplido el tiempo de seguridad del sistema y haber realizado intentos fallidos de reencendido del quemador, la siguiente acción de seguridad requerida es el firme bloqueo.

#### 8.5.6.1 METODOLOGÍA DE PROGRAMACIÓN

El sistema se ideó como un circuito secuencial que ejecuta acciones de seguridad o de monitorización de acuerdo al estado de la llama del quemador. Como se pudo verificar en el diagrama de flujo que de la figura 25, el sistema exhibe 5 estados en los que se puede posicionar el sistema, lo cuales son:

1. En espera.
2. Secuencia de Arranque.
3. Posición de Funcionamiento.
4. Reencendido del quemador.
5. Firme Bloqueo.

Esta clara división en el funcionamiento del sistema de seguridad es propicia para el desarrollo de un código de programación basado en una *máquina de estados*.<sup>2</sup>

Una máquina de estados admite una programación ordenada y efectiva condicionada en cada uno de los estados posibles. En este caso en concreto existen 3 variables que condicionan el traslado de un estado a otro, las cuales son: El estado de la llama, el estado del interruptor rotativo y el cumplimiento de los tiempos de seguridad.

---

<sup>2</sup> Una máquina de estados es un modelo de comportamiento de un sistema con entradas y salidas, en donde las salidas dependen no sólo de las señales de entradas actuales sino también de las anteriores.

Estado Anterior	Estado Actual	Tiempo de seguridad	Switch Rotativo	Presencia de Llama
En espera	Arranque	En marcha	ON	Positiva
Arranque	Bloqueo	Culminado	ON	Nula
Arranque	Funcionamiento	Nulo	ON	Positiva
Funcionamiento	Reencendido	En marcha	ON	Nula
Funcionamiento	En espera	Nulo	OFF	Nula
Reencendido	Bloqueo	Culminado	ON	Nula
Reencendido	Funcionamiento	Nulo	ON	Positiva

**Tabla 3:** Tabla de estados del sistema de seguridad. [1]

### 8.5.6.2 IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA LLAMA

Una vez descartado el empleo de umbrales para la detección del fallo de llama se procedió a estudiar las gráficas y los datos obtenidos en las pruebas realizadas con el sistema EGME. A continuación se estudio el comportamiento de la generación del termopar en cada una de las situaciones a las cuales fue sometido y finalmente se concluyó que la metodología adecuada para realizar el análisis de la generación era calcular la pendiente de la señal de llama, y de acuerdo a su valor establecer el estado del quemador.

No se empleó un único tiempo de muestreo. Desde un principio fue claro que las pendientes más pronunciadas se encontrarían en el estado de arranque, en los fallos de la llama o en el apagado del quemador. No se toman muestras de la generación si el switch rotativo ubicado en el grifo se encuentra en estado

OFF (Quemador apagado). Una vez el switch cambia a ON el sistema comienza tomando 3 muestras por segundo asumiendo que en algún momento se ejecutará la secuencia de arranque y durante el estado de arranque se continua tomando muestras a esta misma velocidad hasta que la pendiente disminuya lo suficiente para que el dispositivo de control detecte que el quemador se encuentra en la posición de funcionamiento.

En la posición de funcionamiento del sistema las variaciones de la señal de llama son muy pequeñas. Si se realizara un muestreo rápido de la señal de llama en este estado se encontrarían pendientes muy cercanas a 0 y en el caso de un fallo de llama el sistema lo podría pasar por alto. Se recurre a la toma de una muestra por segundo para garantizar que bajo cualquier condición que requiera la actuación del dispositivo de seguridad la pendiente en la generación será negativa y lo suficientemente clara para ser identificada.

Si el sistema identifica una pendiente negativa, el dispositivo de control debe verificar el estado del switch rotativo para comprobar si se ha realizado un apagado de la llama por parte del usuario o un apagado fortuito de la llama.

Los fallos de la llama originan la acción de seguridad de reencendido. Al cumplirse el tiempo de seguridad establecido en 1 segundo si el quemador no se encuentra en la posición de arranque o en funcionamiento se efectúa el bloqueo.

### 8.5.6.3 USO DE INTERRUPTIONES EXTERNAS EN EL PROGRAMA DE CONTROL

Las interrupciones externas son una herramienta que dispone la mayoría de los microcontroladores actuales y que permite asignarle una mayor prioridad dentro del programa a una serie de tareas que solo deberán ser ejecutadas al recibir la señal de un estímulo externo. Frecuentemente esta clase de estímulos son flancos digitales de subida o de bajada producidos por interruptores, sensores, etc.

Como su nombre lo indica las interrupciones externas detienen la tarea que se esta ejecutando al recibir el estímulo externo para darle paso a la sección de código que albergan. Una vez finalizada la interrupción, el programa principal continuará con normalidad.

Se han empleado interrupciones para el encendido o el apagado del quemador. El estímulo es suministrado por el interruptor rotativo. Un flanco descendente indica que el usuario desea encender el quemador y uno ascendente es señal que desea apagarlo, lo cual conlleva a la uso de 2 interrupciones externas.

El código de programación empleado para habilitar las dos interrupciones y configurar los estímulos externos es el siguiente:

```
enable_interrupts(INT_EXT0);  
enable_interrupts(INT_EXT1);  
ext_int_edge(0,H_TO_L);  
ext_int_edge(1, L_TO_H);
```

**Figura 26:** Configuración de interrupciones externas. [1]

Definir las interrupciones en el compilador CCS se realiza de manera parecida a la definición de las funciones creadas por el programador.

#### 8.5.6.4 ACCIONES DE SEGURIDAD

Las acciones de seguridad han sido establecidas en el código de programación como funciones. Esto permite un código de programación más organizado y considerablemente menos repetitivo.

Las acciones de seguridad son el reencendido y el bloqueo. A continuación se explicará el criterio de programación utilizado en cada una de ellas.

➤ **REENCENDIDO:** La función de reencendido solo se llamará desde la posición de funcionamiento del sistema y estará abierta a ser interrumpida por la solicitud del usuario de apagar el quemador o de intentar reencender el quemador manualmente. La función reencendido comienza activando el voltaje en los bornes del chispero e inmediatamente pone en marcha el tiempo de seguridad permitido. Durante este tiempo, el microcontrolador tomará muestras de la señal de llama y detectará el punto en donde la generación comienza a presentar una acentuada pendiente positiva. Una pendiente positiva marcada es la indicación de que ha ocurrido un auténtico reencendido y de que el sistema se encuentra de nuevo en la posición de funcionamiento.

Si transcurrido el tiempo de seguridad la generación conserva una pendiente negativa o no lo suficientemente acentuada para ser considerado un intento fructífero de reencendido, el sistema procederá a llamar la función de bloqueo.



```
void reencendido()
{
    output_high(chispero);
    output_F(0x04);

    do{ if(counter>3)
        {
            counter=0;
            bloqueo();
        }
    else
        {
            generacion_1=read_adc();
            delay_ms(tmuestreo);
            generacion_2=read_adc();
            if(generacion_2>generacion_1)
            {
                pendiente=generacion_2-generacion_1;
            }
            counter=counter++;
            enable_interrupts(INT_EXT0);

        }
    while(pendiente<20&&est_bloqueo==0);
    counter=0;
    pendiente=0;
    output_low(chispero);
}
```

Figura 27: Función reencendido. [1]

- **BLOQUEO:** Como se ha mencionado anteriormente la función bloqueo es llamada cuando se ha cumplido el tiempo de seguridad del reencendido y no se ha logrado recuperar la llama en el quemador. Así mismo, se recurre a la función bloqueo cuando acontece un intento de arranque nulo. La función bloqueo provoca el desenganche de la EV6 e imposibilita el uso del switch rotatorio para producir un rearme inhabilitando las interrupciones externas. Igualmente impide el uso del chispero removiendo la tensión de sus bornes.  
Después de ejecutarse los comandos de programación que alberga la función bloqueo, el programa se ubica en un ciclo repetitivo en donde no puede acceder a ninguna otra sección del código.

Si se desea realizar un rearme es necesario efectuar un reset del sistema y volver a encender el quemador que generó el bloqueo.

```
void bloqueo()
{
  output_low(chispero);
  output_high(Manto);
  est_bloqueo=1;
  disable_interrupts(INTR_GLOBAL);
}
```

**Figura 28:** Función Bloqueo. [1]

El bloqueo es provocado al proporcionar una intensidad de desenganche a la EV6. La intensidad de desenganche es una intensidad muy cercana a los cero amperios.

#### 8.5.6.5 PROGRAMA DE AUTOACCIONADO

La secuencia del autoaccionado de la EV6 también ha sido establecida como una función dentro del programa. La función del autoaccionado es llamada dentro de la interrupción externa producida por el flanco descendente (encendido del quemador) y en la acción de seguridad de reencendido.

El primer comando se encarga de activar el chispero, en seguida se cede el paso del gas accionando la EV6, se emplean 50 milisegundos para la carga y 50 para la descarga del condensador. La descarga del condensador se puede realizar debido a que anteriormente en el código dentro de la interrupción se activó la intensidad de mantenimiento y posteriormente la tensión de enganche.

El autoaccionado funciona de la misma manera en la secuencia de arranque y de reencendido, con la única diferencia que en el arranque el estado inicial de la válvula es cerrado.

#### 8.5.6.6 FUNCIONAMIENTO CON PRESENCIA DE LLAMA

Cuando el quemador se encuentra en la posición de funcionamiento del sistema y la presencia de la llama es fehaciente, el sistema solo necesita identificar pendientes negativas pronunciadas que adviertan de un apagado fortuito.

Se desarrolló una función que inspecciona constantemente el estado de la llama y que en el caso de producirse algún fallo llama a la función reencendido para solventar el inconveniente.

```
void llama()
{
    output_F(0x02);
    generacion_1=read_adc();
    delay_ms(tmuestreo);
    generacion_2=read_adc();
    if(generacion_1>generacion_2)
    {
        pendiente=generacion_1-generacion_2;
        if(pendiente>20)
        {
            reencendido();
        }
    }
}
```

Figura 29: Función llama. [1]

La pendiente crítica es fijada según la rapidez del termopar de la misma manera que el tiempo de muestreo. El programa accederá a la función llama únicamente si no ha existido un bloqueo previamente y si el quemador ha sido encendido por el usuario, si no se cumplen estas dos condiciones el sistema quedará en estado de espera hasta que ocurra algún evento.

### 8.5.7 PRUEBAS DE DETECCIÓN DE ESTADO

Tal vez la característica fundamental de un dispositivo electrónico de seguridad gas sea la detección del estado en que se encuentra la llama. Es indiscutible que una detección errónea puede entorpecer todo el sistema y tratándose de una aplicación que emplea gas no existe cabida para esta clase de dificultades. Igualmente es importante una detección inmediata. Cumplir los tiempos establecidos por la norma garantiza la seguridad del usuario.

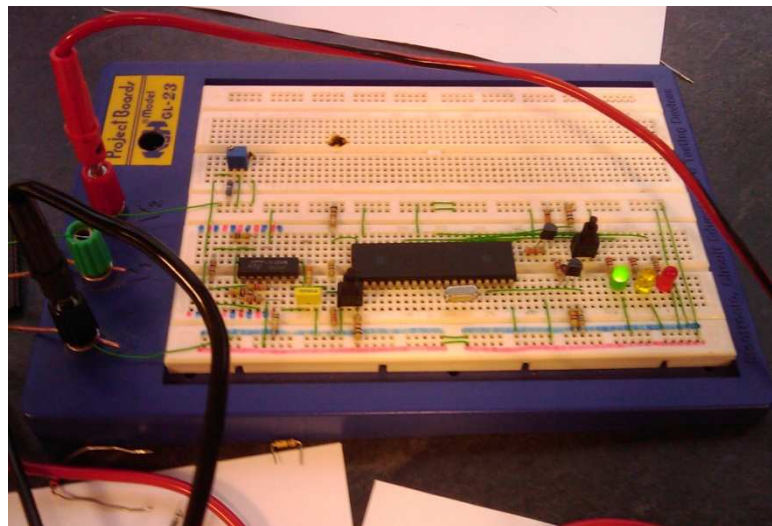
La serie pruebas realizadas en el primer prototipo del dispositivo desarrollado se desplegaron con el sistema construido en protoboard. Inicialmente se reemplazó la generación del termopar por un divisor de voltaje controlado por una resistencia variable, esto permitía proporcionar los valores de generación del orden de los milivoltios que emulaban el comportamiento de un termopar.

Al disponer de una tensión variable se podía generar las pendientes que normalmente se producen en situaciones como el arranque o el fallo de llama. Si bien es cierto que la velocidad no era la misma esto carecía de importancia debido a la facilidad de cambiar el tiempo de muestro de la señal de llama dentro del código de programación.

Se estableció un método rudimentario para la visualización del estado de la llama, no obstante muy práctico y eficaz. Se instalaron en el protoboard tres LED's de distintos colores que permitieron corroborar el funcionamiento de la detección. Al encenderse el LED de color amarillo exclusivamente, era una

indicación que el sistema estaba realizando la secuencia de arranque. Al encenderse el LED de color verde el sistema indicaba que el quemador estaba encendido y funcionando correctamente. Al encenderse el LED de color rojo y cambiar su estado de encendido a apagado de forma intermitente era una indicación de que había ocurrido un fallo de la llama y que se estaba efectuando un reencendido para solucionarlo.

Finalmente, si después de un fallo de llama se genera un firme bloqueo, los LED's de visualización se encenderán todos y permanecerán encendidos hasta que se apague el sistema y se efectúe un rearme.



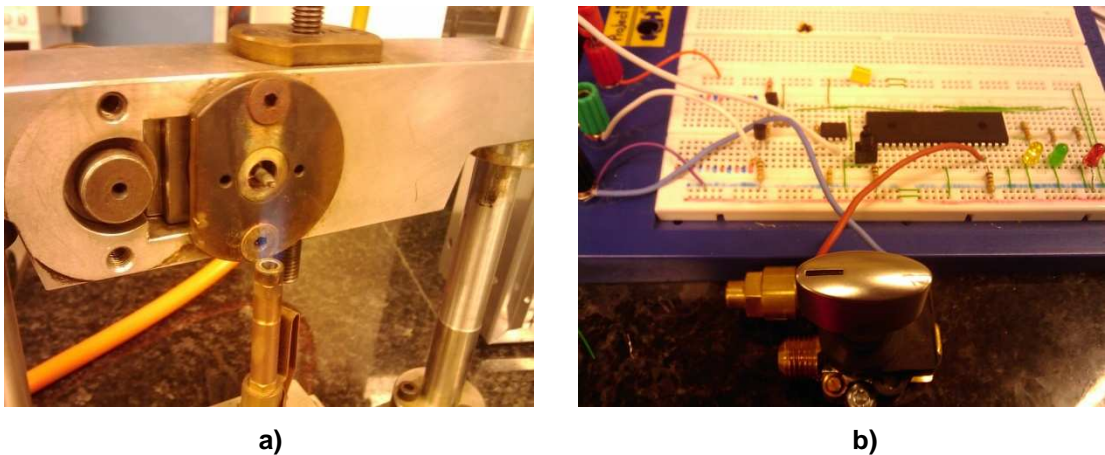
**Figura 30:** Pruebas de detección de estado con divisor de tensión. [1]

Una vez concluidas estas pruebas con los resultados deseados, se llevo a cabo el reemplazo del pulsador que emulaba el switch rotatorio ubicado en el grifo e igualmente se hizo el reemplazo del divisor de tensión por un termopar de cabeza de 1,5 centímetros de longitud.

Se ubicó la cabeza del termopar en un soporte empleado concretamente para mantener los termopares libres de variaciones en la generación producidas por movimientos o acciones mecánicas. Justo debajo de la cabeza se generó una llama producida por un mechero de gas industrial el cual posee un flujo

regulable de gas y en caudal máximo es capaz de llevar la temperatura en la cabeza del termopar de 0 a 550 °C en cuestión de segundos.

Al finalizar estas pruebas se instaló en el circuito una conexión coaxial para situar la EV6. Las pruebas de mantenimiento se realizaban provocando el accionado de la electroválvula de manera manual. Se verificó que se mantuviera el enganche cuando era requerido y que desenganchara cuando el grifo estuviera cerrado o cuando se produjera un firme bloqueo.



**Figura 31:** Pruebas con gas. a) Termopar de 1,5 cms con llama generada por un mechero de gas industrial. b) Switch rotativo ubicado en el grifo. [1]

### 8.5.7.1 DIFICULTADES DURANTE LAS DETECCIONES

Al realizar las primeras pruebas de detección de estado, se exteriorizaron inconvenientes de manera inmediata.

El cálculo de la pendiente parecía ser el método mas apropiado para la identificación de los fallos sin embargo la velocidad a la cual se estaba efectuando el muestreo de la señal de llama no era la idónea para garantizar que el sistema detectara todos los fallos existentes.

Se realizaron distintos cambios en la velocidad de muestreo hasta concretar el número de muestras por segundo adecuado para cada uno de los estados del quemador.

Otro inconveniente que se hizo evidente en la detección de estados es que la señal de llama después de ser amplificada sufría un retraso provocado por la ganancia del amplificador de instrumentación. Se cambió la resistencia externa disponible para modificar la ganancia y mejoró de forma inmediata la señal amplificada.

La carga que se originó después de la instalación de la EV6 indujo el mal funcionamiento del dsPIC. El circuito de mantenimiento requirió volver a ser diseñado para evitar que corrientes se desviaran hacia los puertos del microcontrolador y del mismo modo mantener la corriente de mantenimiento que fluye a través de la bobina de la electroválvula.

#### **8.5.8 DISEÑO DE LA ELECTRÓNICA DE INDUCCIÓN DE LA CHISPA**

El encendido de lo que comúnmente se conoce como chispero es imprescindible para el sistema de seguridad termoeléctrica. Este mecanismo de generación de la chispa entra a actuar en la secuencia de arranque y en la secuencia de reencendido del sistema.



Figura 32: Chispero. [1]

La alimentación del chispero se realiza conectándolo directamente a la red eléctrica. En cocinas con grupos magnéticos, la activación del chispero se produce manualmente por medio de un pulsador ubicado en la sección de los mandos.

En sistemas con electrónica añadida, la decisión de accionar o no accionar el chispero depende de las condiciones del quemador y del switch rotativo. El dispositivo de control esta facultado para tomar esta clase de decisiones.

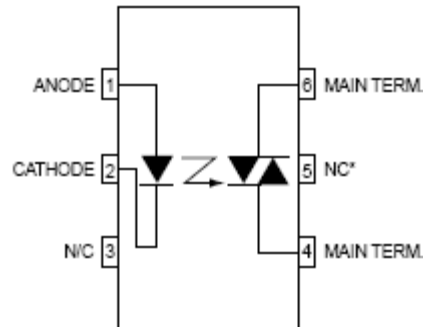
Ya que el microcontrolador no manipula tensiones y corrientes como las de la red eléctrica, se emplea un MOC (Optoacoplador) y un TRIAC para mantener aislado la electrónica de control y la electrónica de potencia.

#### 8.5.8.1 OPTOACOPLADOR

Un optoacoplador combina un dispositivo semiconductor formado por un fotoemisor, un fotoreceptor y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz. Todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP.



La ventaja fundamental de un optoacoplador es el aislamiento eléctrico entre los circuitos de entrada y salida, de esa forma, el microcontrolador se encuentra menos susceptible a fallos del programa por altas corrientes o incluso al daño total del dispositivo.



**Figura 33:** Configuración básica de un optoacoplador con salida de driver Triac.

### 8.5.8.2 TRIAC

Es un dispositivo de la familia de los tiristores y al igual que los tiristores posee dos estados de funcionamiento, bloqueo y conducción. Este dispositivo puede conducir en ambas direcciones, es decir es un dispositivo bidireccional; se utiliza normalmente como regulador de potencia entregada a una carga en corriente alterna. Se puede considerar como dos tiristores conectados en antiparalelo con una conexión de compuerta común.

Al igual que los tiristores necesitan de un impulso de corriente en la compuerta G para pasar del estado de bloqueo al de conducción; este impulso de corriente puede ser positivo o negativo dependiendo de la polaridad existente entre las terminales A1 y A2.

Para lograr su paso del estado de conducción al estado de bloqueo, solo debe disminuir la corriente por debajo de la intensidad de mantenimiento ( $I_H$ ).

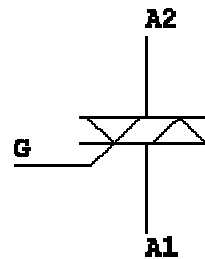


Figura 34: Símbolo del Triac.

### 8.5.9 PRUEBAS CON CHISPERO

Las pruebas con el chispero debido al empleo de altas tensiones y corrientes se realizan en tarjeta experimental. La tarjeta experimental permite realizar un montaje temporal del circuito antes de realizar la fabricación del PCB final.

Se instaló toda la electrónica requerida para el accionamiento del chispero y se procedió a efectuar las pruebas.

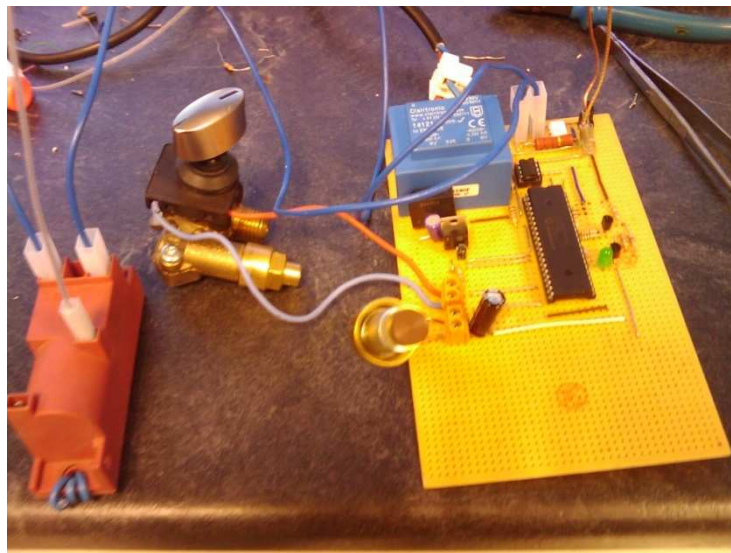


Figura 35: Pruebas del sistema con chispero. [1]

Inicialmente la bujía que provoca la chispa en el chispero se había ubicado muy lejos del terminal de chasis. Se producía una carga mayor para la sección del control de sistema y el programa comenzaba a funcionar mal.

Al acercar la bujía al chasis el sistema se puso en marcha y la chispa que se produce en la punta de la bujía se dirigía hacia el chasis cerrando el circuito apropiadamente.

Se cerró y se abrió cuantas veces el switch rotativo para dar comienzo a la secuencia de arranque y en todas el chispero se accionó. Al cerrar el switch antes del tiempo de seguridad el chispero detenía su marcha. Así mismo al inducir el estado de reencendido el chispero se activaba hasta cumplirse el tiempo de seguridad y entrar en firme bloqueo.

#### **8.5.10 HARDWARE DE AUTOACCIONADO**

Como se había mencionado previamente, el autoaccionado de la EV6 se realiza con un pico de voltaje de 65 voltios de amplitud generado por la descarga de un condensador de 220 $\mu$ F. Se emplean transistores BJT como interruptores para activar la electrónica del autoaccionado a través de una señal proveniente de uno de los pines del microcontrolador.

Para conseguir los 65 voltios requeridos para el accionado se rectifica la corriente de la red eléctrica con un diodo rectificador. Luego se regula a 100 V para cargar el condensador de 220 $\mu$ F.

El microcontrolador indica el momento en donde se debe producir la descarga. Es importante asegurar que el accionado será positivo y que la válvula se mantendrá enganchada ya que no se dispone de ninguna retroalimentación que indique el estado real de la válvula.

### 8.5.11 PRUEBAS CON AUTOACCIONADO

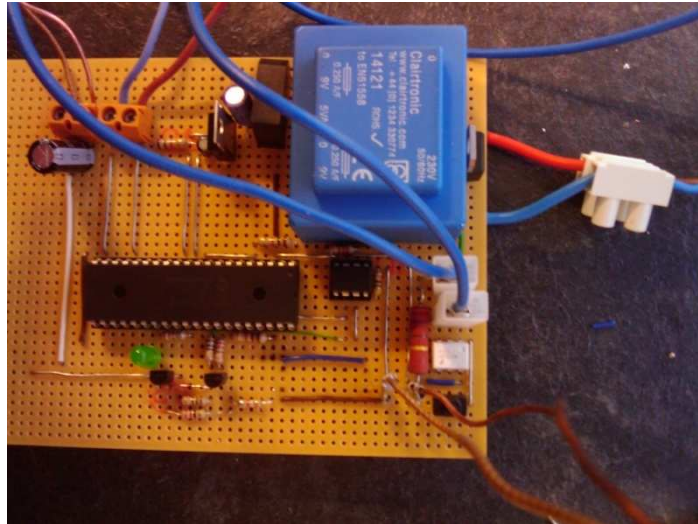
De manera inicial se corroboró el autoaccionado sin emplear el microcontrolador. Por ende, fue preciso disponer de la corriente de mantenimiento en todo instante. Se realizaron unas modificaciones rápidas en el circuito de mantenimiento para lograr este objetivo, se adecuó la electrónica de potencia requerida y se dispuso la EV6 en un conector coaxial libre de acciones mecánicas que puedan provocar el enganche o el desenganche involuntario.

Se ubicó el sistema en el mechero de gas industrial para verificar el correcto autoaccionado de la EV6 en las secuencias de arranque y reencendido.

Se paso de estado OFF a ON el switch rotativo que gobierna el quemador para provocar la secuencia de arranque y evidenciar el correcto accionado.

Así mismo se provocó un fallo en la llama del quemador para comenzar la secuencia de arranque.

Uno de los inconvenientes al emplear la electrónica de autoaccionado y la electrónica para accionar el chispero fue la incapacidad del microcontrolador de proveer la corriente adecuada en las señales de control.



**Figura 36:** Electrónica de autoaccionado y de chispero. [1]

El chispero y la EV6 se comportan como cargas que sobrepasan los límites de corriente en los pines de salida del dsPIC. Este inconveniente se solucionó implementando un par Darlington en el pin de salida del 30F4013 que controla la puesta en marcha del chispero.

#### 8.5.12 DISEÑO PCB

Es imprescindible disponer del dispositivo de seguridad termoelectrónica en PCB para tener un sistema estable que se pueda exhibir ante posibles clientes.

El diseño del PCB se ha realizado una vez se ha culminado la etapa de pruebas en protoboard con resultados satisfactorios.

Se ha diseñado en el software EAGLE layout editor. En este software fue posible diseñar por capas la tarjeta y se dispuso de las medidas exactas de cada uno de los elementos electrónicos ubicados en ella.

Algunos de los “paths” o caminos de la tarjeta son de un grosor mayor y son los caminos que alimentan la electrónica del autoaccionado y la electrónica de

mantenimiento en la tarjeta. Del mismo modo los caminos de la alimentación del microcontrolador son más gruesos que el resto.

Se diseñó la tarjeta para un solo quemador. Debido a que tan solo es el primer prototipo y no se vio la necesidad de desarrollar la tarjeta para el uso de cuatro o más quemadores (La electrónica sería la misma en cada quemador si se deseará implementar en varios quemadores).

### **8.5.13 MODO SIMMERING**

El modo simmering es una técnica empleada en la cocina moderna para la preparación de los alimentos. El simmering busca la preparación utilizando una temperatura suficiente para lograr la cocción aunque menor que la temperatura de ebullición del agua.

En la cocina japonesa, el simmering es considerado una de las 4 técnicas esenciales.

#### **8.5.13.1 HARDWARE DEL MODO SIMMERING**

Se planteó dos modos de funcionamiento en la tarjeta de seguridad desarrollada. El cambio de Modo será efectuado al presionar un interruptor.

El modo simmering es una función que fue añadida con el fin de poner a prueba la alta velocidad de reacción de la EV6 y confirmar que la EV6 no solo puede ser empleada como válvula de seguridad sino también como reguladora del caudal.

Actualmente las cocinas emplean la apertura y cierre de la válvula de seguridad con el fin de modular la llama en los quemadores. Con el grifo ubicado en la rampa se puede regular el caudal de gas en el momento de

apertura de la válvula, y con un mando rotativo se logran variaciones en la temperatura de cocción de los alimentos disminuyendo o aumentando los tiempos en los que la válvula permanece abierta.

Para conseguir las variaciones de los tiempos se implemento un divisor de tensión variable con un potenciómetro. La salida del divisor se conecto directamente a una de las patillas del microcontrolador. La patilla correspondía a uno de los canales de muestreo del módulo de conversión analógico a digital con referencia en voltaje de 5 voltios.

#### **8.5.13.2 SOFTWARE SIMMERING**

Básicamente el software desarrollado se basa en la interpretación de los resultados obtenidos del conversor A/D. Es así como el microcontrolador gestiona las variaciones de velocidad de apertura y cierre de la EV6.

Implementar el módulo de conversión A/D con una resolución de 10 bits nos brinda una amplia gama de velocidades en el Simmering. Sin embargo, el programa se encuentra limitado a la velocidad de carga del condensador de 220uF y a la velocidad de respuesta de la electroválvula. Se estableció un tiempo mínimo de apertura y cierre de 200 milisegundos y un tiempo máximo de apertura de 1,2 segundos. Se podría afirmar que el control de la electroválvula EV6 es una modulación en frecuencia.

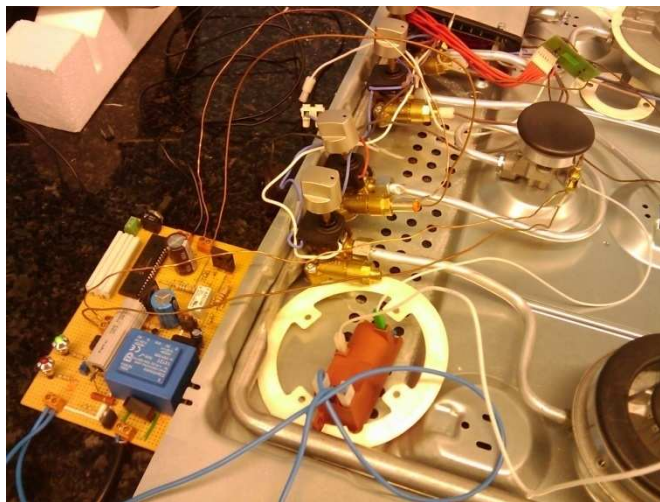
El autoaccionado y el mantenimiento se efectúan de la misma forma que se realiza en el modo de seguridad termoeléctrica, de la misma forma el control del chispero y la función de bloqueo con posibilidad de rearme.

#### 8.5.14 PRUEBAS DE SIMMERING Y SEGURIDAD DE GAS EN ENCIMERA.

Poner en marcha la tarjeta desarrollada en entornos habituales en donde son usadas las tarjetas de control de la EV6 era fundamental para finalizar la sección de pruebas estimada en el proyecto.

Se desarrollo una batería de ensayos para dar por finalizado la programación y estructuración del hardware y comenzar con el desarrollo de la parte mecánica y mejoras en el aspecto físico del sistema de seguridad.

Se empleó la misma encimera en donde se tomaron los valores de generación del termopar de cabeza de 1,5 cms bajo el funcionamiento de la tarjeta EGME para realizar una comparación directa entre las dos electrónicas.

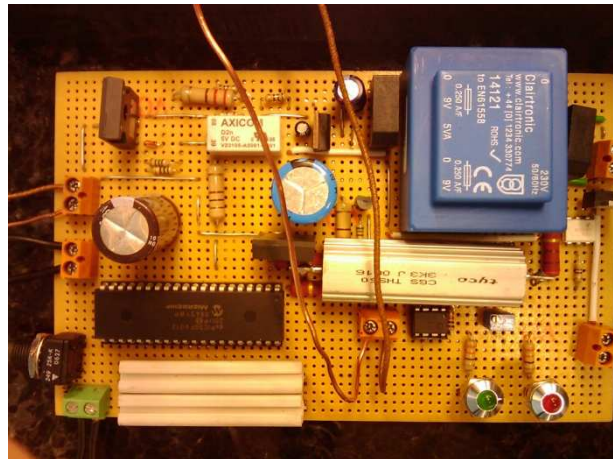


**Figura 37:** Tarjeta desarrollada conectada en encimera con EGME. [1]

Se obtuvieron resultados gratificantes empleando gas butano. La respuesta en la detección de los estados era excepcional y la velocidad de reacción del sistema en ocasiones superaba con gran diferencia a vista en los ensayos con la tarjeta EGME.



La tarjeta final aunque no fue desarrollada con tecnología de montaje superficial, resulto más pequeña de lo que se había previsto.



**Figura 38:** Tarjeta Final. [1]

### 8.5.15 CREACIÓN DEL DEMOSTRADOR DE EV6

Con el claro objetivo de exponer a los clientes en toda Europa las características que hacen de la EV6 una electroválvula ideal en aplicaciones con electrónica añadida, era necesario crear un demostrador portátil para que los agentes comerciales puedan realizar una demostración de la EV6 en sus visitas a clientes.

El demostrador debía ser de un tamaño ajustado al equipaje de mano permitido en vuelos internacionales y ser de manejo sencillo para que cualquier agente comercial lo enseñe.



Figura 39: Demostrador. [1]

Para cumplir con los requerimientos de peso se instaló el sistema en una placa de polimetilmetacrilato, la cual no solo es liviana, también provee un aspecto sofisticado y moderno al demostrador.

#### 8.5.15.1 CONSTRUCCION DE LA RAMPA

Para el desarrollo del demostrador se ha extraído una rampa de una encimera en desuso. La rampa fue acortada para eliminar las salidas de gas de 3 quemadores y solo dejar 1 quemador. Se buscó un grifó de la empresa Copreci para la EV6 y se ubicó en la rampa empleando tornillos.

También se extrajo un quemador rápido de una encimera encontrada en el almacén de Orkli. Se eligió un quemador rápido debido a que es la mejor prueba de que el programa de detección de estados funciona a la perfección puesto que los niveles de generación del termopar en caudal máximo y mínimo no son tan distintos.



**Figura 40:** Rampa del demostrador. [1]

#### 8.5.15.2 ENCLOSURE DE LA TARJETA

Se utilizó un enclosure plástico para la tarjeta electrónica. En la parte superior se encuentran los LED's de estado y los controles para efectuar el autoaccionado y el modo simmering. En el Panel frontal del enclosure se encuentra ubicado un potenciómetro que solo es útil cuando el sistema se encuentra en modo simmering y que se emplea para la variación de los tiempos de apertura y cierre de la válvula.

Los cables dirigidos al quemador salen del enclosure por un orificio ubicado en el costado. Para reducir el número de cables se empleó una configuración monohilo en la electroválvula.

## 9. APORTES AL CONOCIMIENTO

- Se obtuvo una idea clara de la importancia de los sistemas de seguridad termoeléctrica en las cocinas, encimeras y hornos.
- Se aprendió a utilizar programas de simulación y de programación de microcontroladores que anteriormente se desconocían y que eran necesarios para la ejecución del proyecto.
- Se adquirió invaluable conocimientos acerca de líneas de fabricación automática y manual, y sobre procesos industriales que anteriormente eran ignorados.
- Se comprendió el funcionamiento de las válvulas auto-accionadas y se establecieron las ventajas y las desventajas de los sistemas con electrónica añadida y sistemas con accionado manual.
- Se adquirió experiencia laboral en el ámbito industrial provechosa para el desarrollo como profesional.
- Se logró aplicar conocimientos de instrumentación industrial en el manejo de sensores de llama (termopares) y el posterior acondicionamiento de la señal de llama.
- Se aprendió a efectuar los procesos que intervienen en la fabricación de termopares de forma manual. Se conocieron que aspectos de su construcción permiten conseguir la respuesta deseada.

- Se adquirió un claro concepto del funcionamiento comercial de una empresa multinacional.
  
- Se advirtió los posibles problemas que se pueden presentar en los sistemas de seguridad termoeléctrica en aplicaciones de encimeras y se logró explicar de manera técnica las causas de estos inconvenientes.
  
- Se observó la importancia de seguir la normativa establecida con el fin de garantizar el mejor funcionamiento de un dispositivo pensado para ser comercializado posteriormente.
  
- Se maniobró con herramientas industriales empleadas en la fabricación de estructuras mecánicas reconociendo los riesgos y las precauciones oportunas de su conducción.

## 10. CONCLUSIONES

- Las ventajas de los termopares se hacen evidentes cuando son usados en ambientes difíciles o en aplicaciones industriales. Sin embargo, el voltaje de salida que resulta al realizar una medición de la temperatura es relativamente bajo cuando es comparado con algunos otros dispositivos que permiten una conversión sencilla de sus señales de tensión de salida. Consecuentemente, una etapa ganancia analógica es usualmente requerida.
- Establecer el criterio apropiado para identificar el estado en el que se encuentra la llama es una función vital del dispositivo de control. Una vez identificada la situación de la llama se puede proceder a tomar la acción de seguridad pertinente.
- Los dispositivos de seguridad gas con electrónica añadida deben ser diseñados teniendo en cuenta la aplicación en la que serán usados. Cada aplicación requiere un tipo de termopar en concreto y por lo tanto los valores de generación son diferentes.
- Los tiempos de reacción del sistema de seguridad deben cumplir la normativa establecida. Es fundamental tomar acciones de seguridad ante el fallo de llama lo antes posible para evitar una salida considerable de gas que pueda atentar contra la integridad del usuario.
- La altura del termopar en cada quemador altera significativamente los valores de generación y las posibilidades de detectar adecuadamente el estado de llama. Igualmente los valores de generación son diferentes para distintos tipos de gas.

- 
- La acción de seguridad de reencendido permite al sistema volver a funcionar y provee un tiempo de apoyo al sistema antes de efectuar un nuevo accionado o en caso de fallo en el reencendido, un bloqueo.
  
  - El funcionamiento de las tarjetas electrónicas desarrolladas para aplicaciones como encimeras y hornos no solo depende del termopar implementado como sensor de llama o del tipo de quemador, también depende del tipo de gas usado y de la presión a la que este se encuentra.

---

**BIBLIOGRAFÍA**

ARENY PALLAS, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal. Cuarta Edición. Marcombo 2007. ISBN 8426713440.

CREUS SOLE, Antonio. Instrumentación Industrial. Séptima Edición. Marcombo 2005. ISBN 978-84-267-1361-2.

MUHAMMAD H, Rashid. Electrónica de Potencia. Segunda Edición. Prentice-Hall 1993. ISBN 9702605326

CÁNOVAS L, Andrés. Manual de Usuario del compilador PCW de CCS. Primera Edición. 2008.

[1] BUENO L, Jorge Andrés. Fotografías, gráficos y tablas efectuadas en práctica empresarial en la empresa Orkli S. Coop.

[2] ORKLI S. COOP. Seguridad termoeléctrica. Catálogo de termopares grupos magnéticos y grupos autoaccionados [en línea] <<http://www.orkli.es/cas/seguridad/descargas.asp>> [Citado el 13 de julio de 2009]

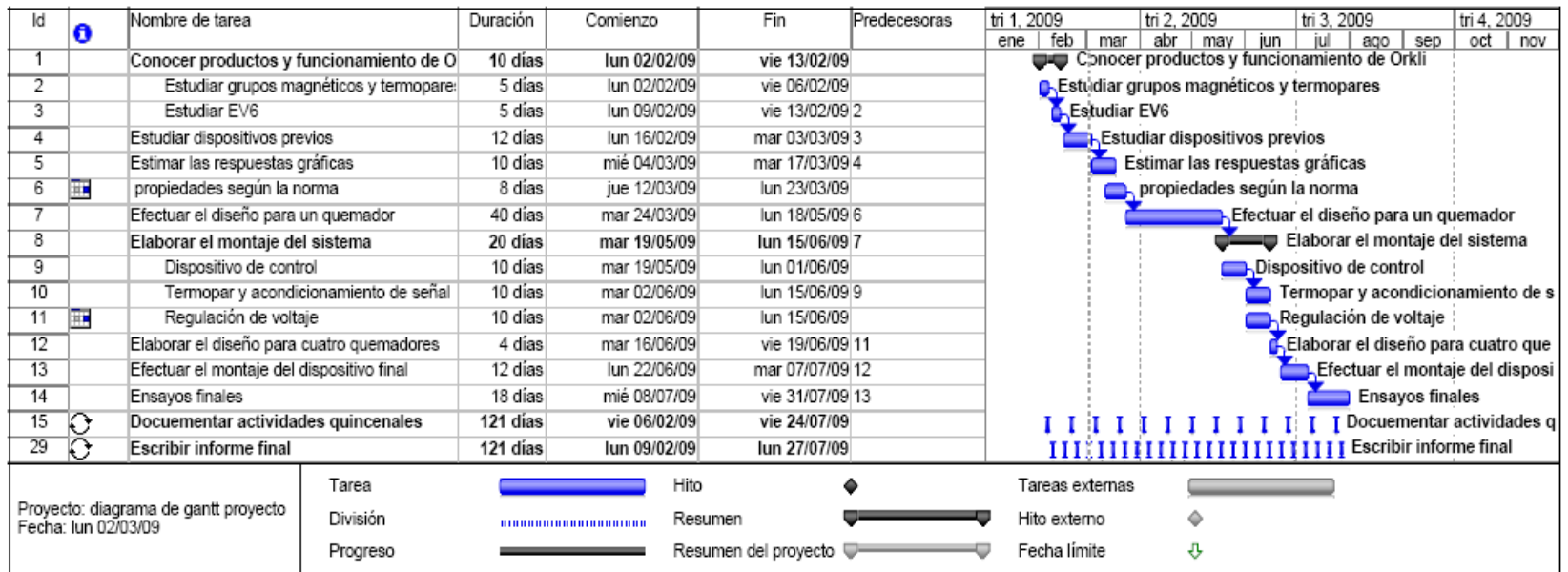
[3] COPRECI. Sistemas electrónicos de control de gas [en línea]. <<http://www.copreci.com/cas/sistemas-electronicos.html>> [Citado el 13 de julio de 2009]



- [4] FARNELL. Catálogo de productos [en línea].  
<<http://es.farnell.com/catalogo-de-productos>> [Citado el 13 de julio de 2009]
- [5] ANALOG DEVICES. Hoja de datos AD627 [en línea].  
<[http://www.analog.com/static/imported-files/data\\_sheets/AD627.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/data_sheets/AD627.pdf)>  
[Citado el 13 de julio de 2009]
- [6] MICROCHIP. Hoja de datos dsPIC 30F4013 [en línea].  
<<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/70138c.pdf>>  
[Citado el 13 de julio de 2009]
- [7] Sensores Termoeléctricos: Termopares. Efecto seebeck [en línea].  
<[http://www.uv.es/ramirez/Docencia/LO/Notas\\_termopares.pdf](http://www.uv.es/ramirez/Docencia/LO/Notas_termopares.pdf)> [Citado el 13 de abril de 2009]
- [8] UNICROM. Rectificador de onda completa [en línea].  
<[http://www.unicrom.com/Tut\\_rectificador\\_onda\\_completa\\_puente.as](http://www.unicrom.com/Tut_rectificador_onda_completa_puente.as)>  
[Citado el 13 de abril de 2009]

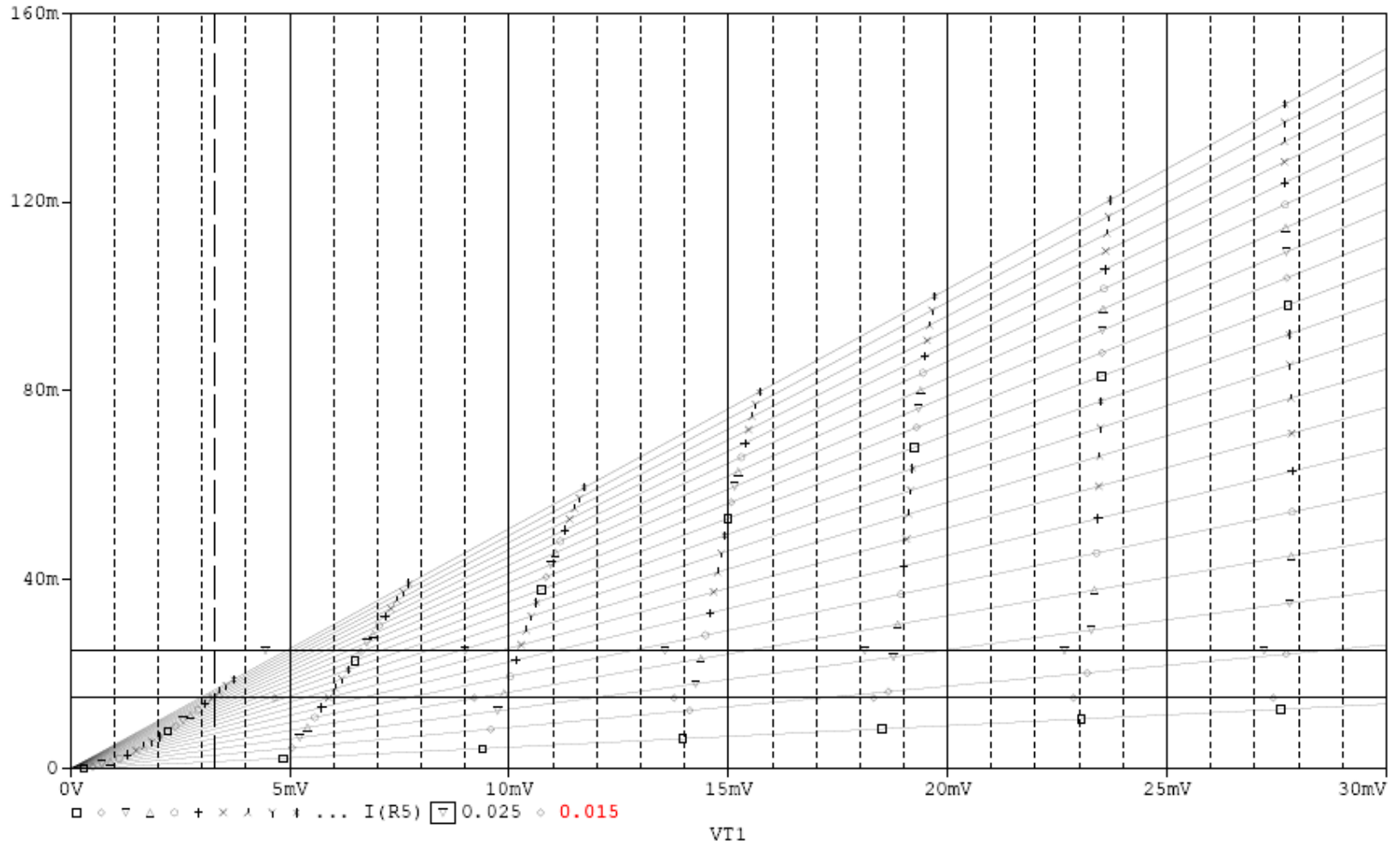
## ANEXO 1

Diagrama de Gantt del proyecto



## ANEXO 2

Gráfica Pspice sistema termoelectrico dos hilos.



### ANEXO 3

Gráfica Pspice sistema termoelectrico monohilo.

