

**GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN**

**FERLEY HUMBERTO SANTOS PARRA  
ALVARO SERRANO SANTOS**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES – E<sup>3</sup>T  
BUCARAMANGA  
2006**

**GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN**

**PRESENTADO AL CONSEJO DE ESCUELA DE LA E<sup>3</sup>T**

**Autores**

**FERLEY HUMBERTO SANTOS PARRA 1952697**

**ALVARO SERRANO SANTOS 1952280**

**Director del Proyecto**

**ING. MIE. MIGUEL ÁNGEL ÁNGEL SILVA**

**Codirector del Proyecto**

**ING. PhD. GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO – MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES – E<sup>3</sup>T  
BUCARAMANGA**

**2006**

A mis padres Alvaro y Patricia por su  
Infinita paciencia, apoyo y comprensión, a mi abuela Lilia  
que en épocas difíciles de la vida siempre me brindo su apoyo,  
pero lamentablemente falleció y no tuvo la dicha de verme graduar,  
a mis hermanos Luís Carlos, Viviana y Silvia que a pesar de las  
diferencias siempre me han demostrado su amor,  
a Juandi mi sobrino que aunque me saca canas verdes me alegra el corazón,  
a mi hijo Nicolás que aun estando lejos me motiva para seguir luchando,  
a Luisa que apareció en mi vida y la lleno de alegría cuando más lo necesitaba, a  
mis amigos que  
aunque fueron pocos siempre los tendré en mi corazón,  
a todos los profesores que influyeron en mi formación  
personal e intelectual, en fin a todas y cada una  
de las personas que han formado  
parte de mi vida para bien o para mal por que gracias a ellas ahora  
soy un mejor ser humano.

Alvaro Serrano Santos

A Dios fuente infinita de inspiración  
A mis padres; por su amor, su confianza  
y su comprensión. Más que padres, son mis amigos en quienes  
siempre encuentro un valioso respaldo  
A mis hermanos, por su alegría,  
su nobleza, su compañía, porque me motivan para seguir adelante  
A toda mi familia  
A mis amigos  
A todos, gracias

Ferley Humberto Santos Parra

## **AGRADECIMIENTOS**

Para poder llevar a buen término este proyecto se contó durante todas sus etapas con la ayuda de muchas personas y entidades a las cuales les estaremos eternamente agradecidos, por su valioso apoyo y aportes en este trabajo.

Al Ing. Miguel Ángel Silva quien muy amablemente sirvió de director del proyecto, guiándonos durante todo el proceso de investigación, corrigiendo nuestros errores y alentándonos cuando desfallecíamos y pensamos en renunciar, por su tiempo, dedicación, paciencia y comprensión muchas gracias.

Al Doctor Gabriel Ordóñez Plata, quien codirigió el proyecto, ayudó en su corrección, en la documentación e investigación del mismo, dedicando parte de su ocupada agenda a corregir nuestros fallos y aportando ideas para mejorar el proyecto.

Al Ing. Francisco Garnica por su gran colaboración en la etapa de ensamble y programación del generador, por habernos brindado todos sus conocimientos en el manejo de microcontroladores y brindarnos su asesoría cada vez que la necesitamos

Al Ing. Daniel Sierra quien fue el primero en indicarnos el camino para iniciar la organización de un proyecto de grado y quien con su amistad y comprensión siempre estuvo ahí para solucionar nuestras dudas.

Al Ing. Jesús Alonso Céspedes Amariz por su colaboración durante el diseño y fabricación de las diferentes tarjetas impresas que cuenta el generador de caídas e interrupciones de tensión.

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, por aportar a nuestra formación personal y profesional.

Al Grupo de Investigación en Sistemas de Energía Eléctrica (GISEL) y al Centro de Estudios de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (CIEE).

A nuestras familias por la paciencia y comprensión que nos brindaron durante todo el tiempo que duro la realización de este proyecto.

A nuestros amigos que supieron comprender nuestra falta de tiempo y ausencias en los partidos de fútbol y en las reuniones que tuvimos que dejar a un lado para poder culminar nuestra tesis de grado.

A mi abuela Lilia que partió hace poco hacia la gloria del señor, por que a diario me enseñó que con honestidad y esfuerzo se puede llegar hasta donde uno quiere, que se debe luchar por lo que se cree y que no se debe buscar el camino fácil para obtener las cosas, Abuela donde quiera que estés gracias.

Y a los que en cualquier momento de nuestra formación personal intelectual influyeron de algún modo, gracias, no tenemos como pagarles lo que han hecho por nosotros.

Por eso muchísimas gracias.

Ferley Humberto Santos Parra  
Alvaro Serrano Santos

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN.....	20
CAPÍTULO 1	
1. GENERALIDADES.....	23
1.1 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA.....	23
1.2 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	24
1.3 PERTURBACIONES EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA....	26
1.4 LAS CAÍDAS DE TENSIÓN.....	31
1.4.1 Clasificación de las caídas de tensión.....	32
1.4.2 Causas y efectos de las caídas de tensión .....	33
1.4.3 Características de las caídas de tensión.....	34
1.5 COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS SOMETIDOS A CAÍDAS DE TENSIÓN.....	36
1.6. ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS CAÍDAS DE TENSIÓN.....	38
1.6.1 Niveles del ensayo.....	39
1.6.2 Instrumentación recomendada para el ensayo.....	41
1.6.3 Instalación de ensayo.....	42
1.6.4 Procedimiento de ensayo.....	43
1.6.5 Ejecución del ensayo.....	44
1.6.6 Resultados e informes del ensayo.....	44
CAPÍTULO 2	
2. EL GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN.....	46
2.1 ETAPA DE CONTROL.....	47
2.1.1 Fuente de alimentación.....	48
2.1.2 Circuito de cruce por cero.....	49
2.1.3 Leds de control.....	51
2.1.4 Circuito RS232.....	51
2.1.5 Microcontrolador 16F877.....	52

2.2	ETAPA DE DISPARO.....	54
2.2.1	El transformador.....	55
2.2.2	Circuito multiplicador de Tensión.....	56
2.2.3	El optoacoplador 6N136.....	60
2.2.4	El circuito de conmutación.....	60
2.3	ETAPA DE POTENCIA.....	63
2.3.1	El autotransformador.....	65
2.3.2	Puente rectificador (KBPC3510) .....	67
2.3.3	Red snubber.....	68
2.3.4	El IGBT IRFP350.....	70
2.4	ETAPA DE PROTECCIONES.....	74
2.5	ETAPA DE INTERFAZ CON EL USUARIO.....	76
2.5.1	El LCD (TRULY MTC-C162DPRN-2N).....	76
2.5.2	El teclado (JAMECO 196171CK) .....	78
CAPÍTULO 3		
3.	PROGRAMACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.....	80
3.1	(1) Programar.....	82
3.2	(2) EJECUTAR.....	85
3.3	(3) MODO.....	86
3.4	EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO.....	86
CAPÍTULO 4		
4.	EQUIPO FÍSICO Y PRUEBAS.....	89
4.1.	GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN CONSTRUIDO.....	89
4.2.	PRUEBAS AL EQUIPO.....	98
4.2.1	Pruebas de detección.....	99
4.2.1.1	Generación de una falla rectangular de 2400 semiciclos de periodo y duración de 1200 semiciclos.....	99
4.2.2	Pruebas de comprobación de las formas de onda.....	102

4.2.2.1	Prueba número uno .....	102
	CONCLUSIONES.....	106
	RECOMENDACIONES .....	110
	BIBLIOGRAFÍA .....	112

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
ANEXO A	CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LA ETAPA DE CONTROL ..... 115
ANEXO B	CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LA ETAPA DE DISPARO ..... 116
ANEXO C	CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LOS MULTIPLICADORES DE TENSIÓN..... 117
ANEXO D	PROGRAMA IMPLEMENTADO AL MICROCONTROLADOR PIC16F877..... 118
ANEXO E	PCBS DE LA TARJETA DE CONTROL..... 163
ANEXO F	PCBS DE LA TARJETA DE DISPARO..... 165
ANEXO G	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DETECCIÓN REALIZADAS CON EL HUCOM Vr1.3 (Detector de caídas e interrupciones de tensión)..... 167
ANEXO G1	DATOS PRUEBA NUMERO UNO..... 167
ANEXO G2	PRUEBA DE DETECCIÓN NUMERO DOS..... 194
ANEXO G3	PRUEBA DE DETECCIÓN NUMERO TRES..... 203
ANEXO G4	PRUEBA DE DETECCIÓN NUMERO CUATRO..... 214
ANEXO H	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPROBACIÓN DE LAS FORMAS DE ONDA..... 225
ANEXO H1	PRUEBA NÚMERO DOS..... 225
ANEXO H2	PRUEBA NÚMERO TRES..... 227
ANEXO H3	PRUEBA NÚMERO CUATRO..... 229
ANEXO H4	PRUEBA NÚMERO CINCO..... 231
ANEXO H5	PRUEBA NÚMERO SEIS..... 233
ANEXO H6	PRUEBA NÚMERO SIETE..... 235

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1	Fluctuación de tensión..... 27
Figura 2	Muestras de tensión..... 28
Figura 3	Transitorio electromagnético..... 29
Figura 4	Interrupción de tensión..... 30
Figura 5	Caídas de tensión en valores r.m.s y valores instantáneos ..... 30
Figura 6	Elevación de tensión ..... 31
Figura 7	Onda de una caída de tensión ..... 32
Figura 8	Características de las caídas de tensión..... 34
Figura 9	Diagrama de una caída de tensión con su punto de inicio y punto de recuperación ..... 35
Figura 10	Curva de tolerancia de tensión..... 37
Figura 11	Curvas CBEMA e ITIC..... 38
Figura 12	Disposición de los equipos para realizar el ensayo con un generador de caídas de tensión según el CEI ..... 43
Figura 13	Diagrama de bloques del generador de interrupciones y caídas de tensión..... 46
Figura 14	Diagrama del circuito de control ..... 48
Figura 15	Fuente de alimentación de +5VDC y – 5VDC..... 49
Figura 16	Circuito de detección de cruce por cero ..... 50
Figura 17	Circuito RS232..... 52
Figura 18	Esquemático total de la etapa de control..... 53
Figura 19	Esquema general del circuito de disparo ..... 55
Figura 20	Diagrama de bloques de la función cumplida por el transformador del circuito de disparo..... 56
Figura 21	Principio de funcionamiento del circuito multiplicador de tensión... 57

Figura 22	Circuito multiplicador de tensión implementado en la etapa de disparo.....	57
Figura 23	Circuito multiplicador de tensión con C1 cargado .....	58
Figura 24	Circuito multiplicador para cuando D2 se polariza .....	58
Figura 25	Circuito multiplicador para cuando D3 se polariza.....	59
Figura 26	Circuito multiplicador para cuando D4 se polariza .....	59
Figura 27	Circuito de conmutación.....	61
Figura 28	Diagrama de bloques de la etapa de disparo .....	62
Figura 29	Diagrama de bloques de la etapa de potencia.....	64
Figura 30	Distribución del devanado del autotransformador.....	65
Figura 31	Niveles de salida del autotransformador.....	66
Figura 32	Rectificador de onda completa.....	67
Figura 33	Diagrama de operación de un puente rectificador en el semiciclo positivo y negativo.....	67
Figura 34	Diagrama de bloques de la disposición de la red Snubber en la etapa de potencia .....	68
Figura 35	Símbolos comúnmente usados para el IGBT.....	70
Figura 36	Diagrama de la función del IGBT dentro de la etapa de potencia...	72
Figura 37	Circuito de la etapa de potencia .....	73
Figura 38	Diagrama del funcionamiento de la etapa de protecciones.....	75
Figura 39	Diagrama de la interacción entre le LCD, el teclado y la etapa de control.....	76
Figura 40	Diagrama de bloques del LCD MTC-C162DPRN-2N .....	77
Figura 41	Teclado utilizado en la construcción del generador .....	78
Figura 42	Diagrama de flujo del ambiente de programación de interrupciones y caídas de tensión .....	81
Figura 43	Segunda pantalla de la opción (1) programar.....	82
Figura 44	Pantalla de elección de flanco de inicio de la perturbación.....	82

Figura 45	Pantalla de confirmación sobre la eliminación de datos en memoria.....	83
Figura 46	Pantalla de programación de intervalos de duración de la perturbación.....	83
Figura 47	Programación del tiempo de funcionamiento de los taps del transformador.....	84
Figura 48	Pantalla de confirmación.....	84
Figura 49	Pantalla del menú principal.....	85
Figura 50	Pantalla del programa en ejecución.....	85
Figura 51	Pantalla modos de operación.....	86
Figura 52	Diagrama de tiempos de la falla para el ejemplo.....	87
Figura 53	Programación de la falla.....	88
Figura 54	Vista frontal del generador.....	89
Figura 55	Vista lateral derecha del generador .....	90
Figura 56	Vista lateral izquierda del generador.....	91
Figura 57	Vista interior del generador .....	92
Figura 58	Distribución de la etapa de control.....	93
Figura 59	Configuración de la etapa de disparo.....	94
Figura 60	Estructura del autotransformador.....	95
Figure 61	Distribución de los puentes rectificadores.....	96
Figura 62	Distribución de los IGBT.....	96
Figura 63	Visualizador y teclado.....	97
Figura 64	Protecciones del equipo.....	98
Figura 65	Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 2400 semiciclos de periodo .....	99
Figura 66	captura de la señal de salida generada.....	104
Figura 67	Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 180 segundos de periodo.....	194

Figura 68	Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 2500 milisegundos de periodo.....	203
Figura 69	Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 1000 milisegundos de periodo.....	214
Figura 70	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número dos.....	226
Figura 71	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número tres.....	227
Figura 72	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número cuatro.....	229
Figura 73	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número cinco.....	231
Figura 74	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número seis.....	233
Figura 75	Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número siete.....	235

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1	Niveles de ensayo y duración aconsejables para las caídas de tensión..... 39
Tabla 2	Duración de variaciones a corto plazo de la tensión de alimentación..... 41
Tabla 3	Magnitud de la tensión (%) correspondiente a cada TAP..... 88
Tabla 4	Componentes de la figura 57..... 92
Tabla 5	Programación del generador .....100
Tabla 6	Información de los huecos detectados..... 100
Tabla 7	Información acerca de las interrupciones detectadas..... 101
Tabla 8	Uso de la memoria del HUCOM Vr 1.3..... 101
Tabla 9	Programación del generador ..... 103
Tabla 10	Programación del generador prueba de detección número dos.... 195
Tabla 11	Información de los huecos detectados prueba dos..... 195
Tabla 12	Información de las interrupciones detectados prueba dos.....196
Tabla 13	Uso de la memoria del HUCOM Vr1.3 en la prueba número dos.... 196
Tabla 14	Programación del generador para la prueba número tres..... 204
Tabla 15	Información de los huecos detectados en la prueba número tres... 204
Tabla 16	Uso de la memoria del HUCOM Vr1.3 en la prueba número tres...210
Tabla 17	Programación del generador para la prueba número cuatro.....215
Tabla 18	Información de huecos detectados en la prueba número cuatro.....215
Tabla 19	Uso de la memoria del HUCOM Vr1.3 en la prueba cuatro..... 216
Tabla 20	Salidas activas del generador durante la prueba número dos..... 225
Tabla 21	Salidas activas del generador durante la prueba número tres ..... 227
Tabla 22	Salidas activas del generador durante la prueba número cuatro.... 229
Tabla 23	Salidas activas del generador durante la prueba número cinco..... 231
Tabla 24	Salidas activas del generador durante la prueba número seis..... 233
Tabla 25	Salidas activas del generador durante la prueba número siete.....235

## **TÍTULO: GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN\***

### **AUTORES**

**SANTOS P. Ferley H.**

**SERRANO S. Alvaro\*\***

### **PALABRAS CLAVES**

Calidad de la energía, generador de interrupciones, caídas de tensión, perturbaciones, IGBT, microcontrolador, equipo sometido a ensayo (ESE), sensibilidad, FLUKE 105, HUCOM Vr 1.3, TAP, Autotransformador.

### **DESCRIPCIÓN**

Se construyó un generador de caídas e interrupciones de tensión que permite producir una gran variedad de anomalías, ya que cuenta con 10 taps de variación de tensión, es controlado por medio de un microcontrolador PIC16F877, el cual emite las señales que producen el disparo para excitar el IGBT correspondiente, permitiendo así el paso de la señal de alimentación del tap indicado a través de un puente rectificador y hacia el equipo sometido a ensayo. El programa de control de el equipo se encuentra dentro de una memoria externa en la tarjeta de control y dentro del propio microcontrolador, además, los datos de programación una vez ejecutado el programa son almacenados en la memoria externa por seguridad

El Documento comienza con la teoría de las principales perturbaciones presentadas en la calidad de la energía eléctrica, así como las recomendaciones establecidas en la normativa CEI 61000-4-11 para la construcción y operación de generadores de caídas e interrupciones de tensión.

Continúa mostrando las diferentes etapas que componen en generador de interrupciones y caídas; las partes que componen cada etapa, su funcionamiento, sus ventajas y la interconexión entre etapas.

En la tercera parte se realiza una presentación general del ambiente de programación y la forma de programar el generador, terminando con un ejemplo que ilustra como se debe programar una perturbación deseada.

Para culminar se presenta el equipo ya terminado, ilustrando por medio de fotografías la disposición de las diferentes etapas dentro del cofre que contiene el generador, se muestran las pruebas a las cuales se sometió el equipo y el análisis de los resultados obtenidos.

---

\* Proyecto de Grado.

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Director de Proyecto: Ing. MIE. Miguel Ángel Silva, Codirector de proyecto: Ing. PhD. Gabriel Ordóñez Plata.

## **TITLE: VOLTAGE INTERRUPTIONS AND DIPS GENERATOR \***

### **AUTHORS**

**SANTOS P. Ferley H.**

**SERRANO S. Alvaro \*\***

### **KEY WORDS**

Energy quality, generator, interruptions, dips, disturbances, IGBT, microcontroller, equipment submitted to test (ESTT), sensibility, FLUKE 105, HUCOM Vr 1.3, TAP, autotransformer

### **DESCRIPTION**

A voltage interruptions and dips generator was created to produce a variety of anomalies. It counts with 10 voltage variation taps. It's controlled by PIC16F877 a microcontroller, which send the signals to produce the shot in order to excite the corresponding IGBT therefore allowing the signal, from the indicated tap, to go through the rectifier and into the equipment submitted to test. The equipments control program is found in the external memory which is in the control card and inside its own microcontroller. For safety, once executed the program all the data is stored in an external memory.

This book starts with the theory of the principal disturbances in the quality of the energy and the recommendations established on the CEI 61000-4-1 for the construction and operation of voltage interruptions and dips generator.

It continues showing the different stages that conform the voltage interruptions and dips generator and the components in each stage, the function, advantages and interconnection between stages.

The third part shows a general presentation of the program and the way to set up the generator. Also, an example that shows clearly the way to program the desire disturbance.

At last it's presented the final equipment, by photographs shows the disposition of the different stages inside the coffer which contains the generator, and then presents all the tests which the equipment was put under, and the analyzed results obtained.

---

\* Degree project.

\*\* Mechanics-physical Faculty, Electric, Electronic and telecommunications engineering school  
Project director: Ing. MIE. Miguel Ángel Ángel Silva, project Co director: Ing. PhD. Gabriel Ordóñez Plata.

## INTRODUCCIÓN

El incremento de cargas de tipo electrónico como computadores, controladores de procesos, variadores de velocidad, motores, equipos de robótica, sistemas de iluminación, contactores, rectificadores, controladores de tensión, equipos médicos, y equipos de alta tecnología, ha ocasionado un fuerte incremento de las perturbaciones de tipo electromagnético y a su vez, algunos de estos equipos son más susceptibles a estas perturbaciones en un sistema de potencia.

Al establecer que en la escuela de Ingeniería Eléctrica Electrónica y Telecomunicaciones no se contaba con un equipo que permitiera generar perturbaciones en el sistema de suministro de energía eléctrica, para poder estudiar sus principales características, y someter equipos sensibles a este tipo de fallas y observar el tipo de daños que pueden causar y a su vez diseñar estrategias que disminuyan los daños causados por estas anomalías, se decidió, realizar el diseño y fabricación de un generador de caídas e interrupciones de tensión, siguiendo las recomendaciones que la norma CEl 61000-4-11 establece para esta clase de equipos.

Este trabajo de investigación se enmarca dentro de los temas de calidad del servicio más discutidos a nivel mundial, las caídas e interrupciones de tensión. Su importancia radica en las grandes pérdidas económicas que generan a la industria la interrupción de sus procesos. A nivel nacional, los estudios relacionados con este tipo de perturbación son incipientes, despertando así especial interés por su investigación. En general, las caídas e interrupciones de tensión son generados por fallas en los sistemas eléctricos de potencia y por el arranque de grandes cargas o motores de inducción; por tanto un estudio basado en las fallas presentadas en un sistema de distribución tardaría mucho, es claro que una

solución adecuada es diseñar un equipo que genere este tipo de perturbaciones para así poder realizar análisis posteriores en un laboratorio.

Este documento se ha organizado en capítulos, cuyo contenido se resume a continuación:

En el primer capítulo se exponen la teoría acerca de la calidad de la energía, las diferentes perturbaciones que se pueden presentar, profundizando en las caídas e interrupciones de tensión, sus características, su clasificación, el comportamiento de los equipos sometidos a estas perturbaciones, las curvas características; además se expone brevemente las recomendaciones de la CEI 61000-4-11 acerca de los equipos generadores de caídas e interrupciones de tensión y la forma de operarlos.

El capítulo dos abarca el diseño electrónico del generador de caídas e interrupciones de tensión, para ello se analizan cada una de las etapas que componen el equipo: control, disparo, potencia, protecciones, e interfaz con el usuario, exponiéndose en cada etapa sus componentes, su funcionamiento, sus principales características y el por qué de su utilización. Lo anterior permite comprender el funcionamiento de cada etapa y su interacción con las demás y en general el funcionamiento del generador como un todo.

El capítulo tres describe la programación y la puesta en marcha del generador de fallas, en el comienzo se expone el diagrama de flujo del algoritmo de programación, procediendo a explicar parte por parte cada uno de sus componentes y culminando con un ejemplo de programación que permitirá al lector programar perturbaciones por medio de la interfaz con el usuario del equipo.

El capítulo cuatro se divide en dos grandes secciones, la primera muestra el equipo ya fabricado, por medio de una serie de fotografías y la segunda sección

presenta las pruebas a las que se sometió el generador. Estas pruebas se dividieron en dos categorías: una de detección, para la cual se contó con un detector de caídas e interrupciones de tensión HUCOM Vr1.3<sup>1</sup> que permitió corroborar que el equipo generaba las fallas, y otra de visualización por medio de un FLUKE 105 que permitió ver el tipo de anomalías generadas y el alcance real del equipo.

Finalmente se presentan las conclusiones más relevantes de este trabajo, así como algunas recomendaciones para trabajos posteriores.

El documento se complementa con siete anexos. Los anexos A, B y C muestran el hardware del equipo mientras que en el C muestra el circuito esquemático de los multiplicadores de tensión, el Anexo D presenta el programa que controla el generador. Los diseños de las tarjetas de las etapas de control y disparo (PCB) se presentan en los anexos E y F, el anexo G contiene los datos obtenidos en las pruebas de detección realizadas con el HUCOM Vr1.3 y finalmente el anexo H expone los resultados obtenidos en las pruebas de visualización realizadas al equipo con el FLUKE 105.

---

<sup>1</sup> Equipo de medición de perturbaciones. Tesis de investigación de la maestría del Ing. MIE Miguel Ángel Silva. (UIS).

## **CAPÍTULO 1**

### **1. GENERALIDADES**

En esta parte del documento, se presentan los aspectos generales relacionados con la calidad de la energía eléctrica y las perturbaciones que se presentan en la onda de tensión, así como las recomendaciones establecidas por la CEI 61000-4-11 para el diseño y prueba de un generador de interrupciones y caídas de tensión.

#### **1.1 COMPATIBILIDAD ELECTROMAGNÉTICA**

El gran incremento que ha experimentado en los últimos años el uso de equipos eléctricos y electrónicos, ha hecho que también haya aumentado la posibilidad de que unos equipos puedan interferir con otros debido a sus propiedades electromagnéticas; surge entonces un problema de compatibilidad electromagnética. Las diferentes tensiones junto con las corrientes que circulan en un sistema producen campos electromagnéticos, que a su vez dan lugar a tensiones y/o corrientes inducidas no deseadas en otros equipos, es decir, a ruidos o interferencias.<sup>2</sup>

Según la normativa CEI 61000-4-11 la compatibilidad electromagnética (CEM) es la aptitud de un equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en un ambiente electromagnético, sin introducir perturbaciones intolerables en ese ambiente o en otros equipos y soportar las producidas por otros equipos del mismo ambiente de trabajo.

Los problemas de compatibilidad electromagnética son muy variados. Así por ejemplo, el ruido eléctrico generado por el sistema de encendido de un automóvil produce interferencias en la radio; un robot puede ejecutar alguna acción fuera de

---

<sup>2</sup> Caracterización de huecos de tensión. Tesis de grado de Ing. Carolina Castellanos Caicedo, Ing. Luz Ángela Carrillo Flórez.(UIS).

control como consecuencia de la interferencia de un pulso electromagnético, o una interferencia puede perturbar los sistemas de navegación y control de un avión.

En el caso de personas con implantes activos, tales como marcapasos o implantes cocleares, un problema de compatibilidad electromagnética puede tener consecuencias particularmente serias. En principio el diseño de estos implantes debería ser inmune a las citadas interferencias, pero la rápida evolución de algunos sistemas de telecomunicación o determinadas terapias que emplean sistemas con emisiones electromagnéticas relativamente intensas, dificultan un avance paralelo en el diseño de estrategias de “inmunidad” electromagnética de los implantes.

## 1.2 CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El término "**calidad de la energía eléctrica**" se emplea para describir la variación de la tensión, corriente, y frecuencia en el sistema eléctrico.

Históricamente, la mayoría de los equipos son capaces de operar satisfactoriamente con variaciones relativamente amplias de estos tres parámetros. Sin embargo, en los últimos años se han agregado al sistema eléctrico un elevado número de equipos, no tan tolerantes a estas variaciones, incluyendo a los controlados electrónicamente<sup>3</sup>.

Algo del control se hace directamente a través de electrónica de conversión de potencia, como son cicloconvertidores de CA, CD, y fuentes de energía conmutadas, además del equipo electrónico que está en los controles periféricos, como computadoras y controladores lógicos programables (PLC's). Con la disponibilidad de estos complejos controles, se desarrolló un control de proceso

---

<sup>3</sup> <http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/calidad.HTM>

más preciso, y un sistema de protección más sensible; lo que hace a éstos aún más susceptibles a los efectos de los disturbios en el sistema eléctrico.

Los disturbios en el sistema, que se han considerado normales durante muchos años, ahora pueden causar desorden en el sistema eléctrico industrial, con la consecuente pérdida de producción. Adicionalmente, deben tomarse en cuenta nuevas medidas para desarrollar un sistema eléctrico confiable, mismas que anteriormente no se consideraron significativas.

Es importante darse cuenta que existen otras fuentes de disturbios que no están asociadas con el suministro eléctrico de entrada. Estas pueden incluir descargas electrostáticas, interferencia electromagnética radiada, y errores de operadores. Adicionalmente, los factores mecánicos y ambientales juegan un papel en los disturbios del sistema. Estos pueden incluir temperatura, vibración excesiva y conexiones flojas<sup>4</sup>.

La calidad de la energía eléctrica se puede definir como el grado de conformidad de las características físicas de las señales de tensión y corriente, en un tiempo y espacio dado, para satisfacer las necesidades de los consumidores y cumplir con la normatividad vigente de cada país.

Dentro del marco de la calidad del servicio de energía eléctrica se tienen dos aspectos fundamentales: el primero es la calidad de suministro que tiene que ver con la continuidad y la calidad de las ondas de tensión y corriente, y el segundo con la atención al cliente en todo lo relacionado con facturación, reclamos, matrículas, etc.

Acerca de la calidad de la energía eléctrica no existe un acuerdo a nivel mundial en cuanto a cual es el término y la definición más coherente con respecto a la

---

<sup>4</sup> [http://www.rentasoft.es/\\_general/\\_docu/pa000110.htm](http://www.rentasoft.es/_general/_docu/pa000110.htm)

calidad del suministro y consumo de energía eléctrica, pero en términos generales todas tienen en cuenta normas internacionales como las IEC 61000-4 ó IEEE 1159; en Colombia, existen las resoluciones CREG070 de 1998 (Código de distribución) y CREG096 de 2000 en donde se definen algunos de los términos relacionados con la calidad de la energía eléctrica (CEL), los cuales se presentan a continuación.

- **Calidad de tensión:** Este término se refiere las desviaciones de la tensión de su forma de onda ideal sin tener en cuenta las distorsiones de corriente. La calidad de la tensión puede ser interpretada como la calidad del producto suministrado por las empresas distribuidoras de energía a los usuarios.
- **Calidad de corriente:** Tiene que ver con las desviaciones de la corriente de su forma de onda ideal, la cual debería estar en fase con la onda de tensión. La calidad de la onda de corriente se relaciona generalmente con la calidad del consumo de los usuarios del servicio.
- **Calidad de potencia:** En este término se combinan los dos anteriores, se tienen en cuenta las desviaciones de las ondas de tensión y de corriente de su forma ideal. Es importante anotar que la calidad de la potencia no tiene que ver con el producto de la tensión y la corriente.

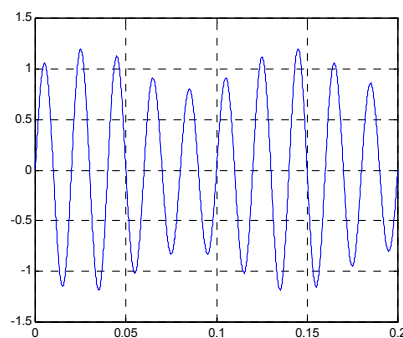
### 1.3 PERTURBACIONES EN LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Dentro del concepto de calidad de potencia existen dos categorías principales de perturbaciones en las ondas de tensión y corriente: las variaciones de estado estable y las perturbaciones.

Las definiciones de las variaciones de estado estable se presentan a continuación.

- **Armónicos:** Los armónicos son componentes de frecuencia de la tensión o la corriente cuyas frecuencias son múltiplos enteros de la frecuencia para la cual el sistema de potencia está diseñado para operar, esta frecuencia se denomina frecuencia fundamental.
- **Interarmónicos:** son componentes de frecuencia de la tensión o la corriente cuyas frecuencias son múltiplos no enteros de la frecuencia fundamental.
- **Subarmónicos:** son componentes de frecuencia de la tensión o la corriente cuyas frecuencias son menores a la frecuencia fundamental
- **Flicker:** Son oscilaciones del valor eficaz de la tensión normalmente entre 0,95 y 1,05 p.u. La frecuencia de estas oscilaciones varían entre 0 y 30 Hz (ver figura 1).

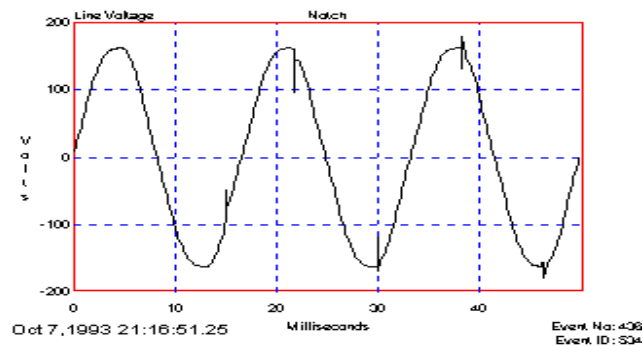
Figura 1. Fluctuación de tensión



Fuente: [www.npl.co.uk/electromagnetic/dclf/flicker/npl\\_flickermeter.html](http://www.npl.co.uk/electromagnetic/dclf/flicker/npl_flickermeter.html)

- **Muestras de tensión:** son perturbaciones periódicas de tensión causadas por la operación normal de equipos electrónicos de potencia en sistemas trifásicos cuando la corriente es conmutada de una fase a otra. Las componentes de frecuencia asociadas con las muescas de tensión son generalmente altas y difíciles de caracterizar (ver figura 2).

Figura 2. Muestras de tensión



Fuente: <http://www.remotepq.com/GenHosp/Image141.gif>.

- **Desbalance de tensión:** se define como la relación entre la componente de secuencia negativa o cero con respecto a la componente de secuencia positiva, en un sistema trifásico. Las tensiones de secuencia negativa o cero en un sistema trifásico resultan generalmente del desbalance de cargas. También puede definirse como la máxima desviación de las tensiones de fase con respecto al promedio de ellas, dividido entre el promedio de las tres tensiones de fase.
- **Variaciones de frecuencia:** son definidas como la desviación de la frecuencia fundamental de su valor nominal especificado. Las variaciones de frecuencia se originan en el desbalance dinámico entre carga y generación; el desplazamiento de la frecuencia y la duración del mismo

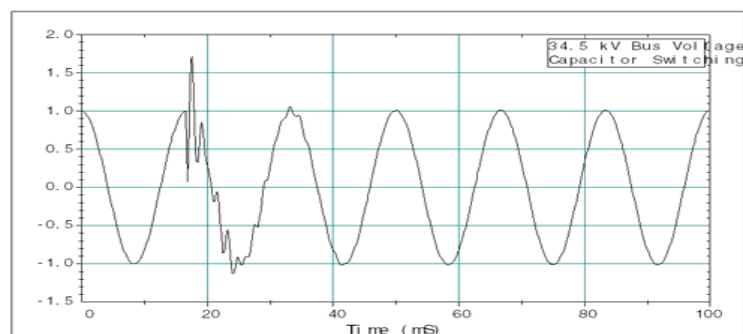
dependen de las características de la carga y la respuesta del sistema de control de generación a cambios de la carga.

- **Ruido:** el ruido es definido como una señal eléctrica indeseada con contenido espectral de banda ancha, menor de 200 kHz, superpuesta a la tensión o corriente de los conductores de fase o en los conductores de neutro o en los conductores de las señales de control.

Los otros tipos de fenómenos que afectan la calidad de la energía eléctrica son las perturbaciones de carácter temporal de la onda de tensión y son descritas a continuación.

- **Transitorios Electromagnéticos:** son cambios imprevistos e indeseables de naturaleza momentánea en la señal de tensión (ver figura 3), en forma amplia los transitorios electromagnéticos pueden ser clasificados en transitorios de impulso y transitorios oscilatorios.

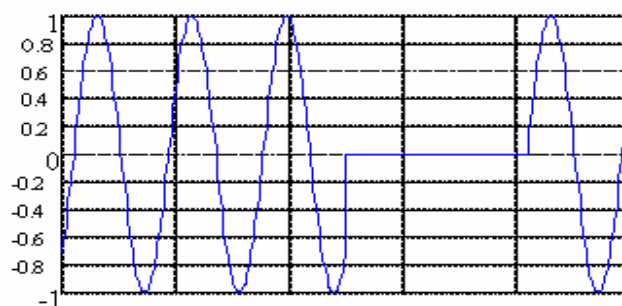
Figura 3. Transitorio electromagnético.



Fuente: <http://powerstandards.com/tutorials%5Ctransientovervoltages.htm>

- **Interrupciones:** ocurren cuando el valor eficaz de la tensión de alimentación disminuye a un valor por debajo de 0,1 pu, de acuerdo a su duración y según la CREG 089 de 1999 pueden dividirse en instantáneas (menos de 1 minuto), transitorias (entre 1 y 5 minutos) y temporales (más de 5 minutos). En la figura 4 se muestra un ejemplo de esta perturbación.

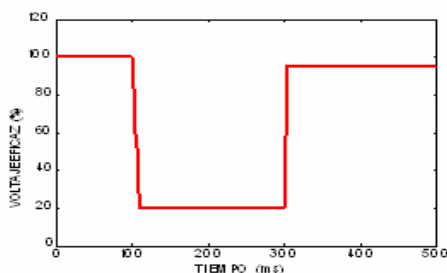
Figura 4. Interrupción de tensión



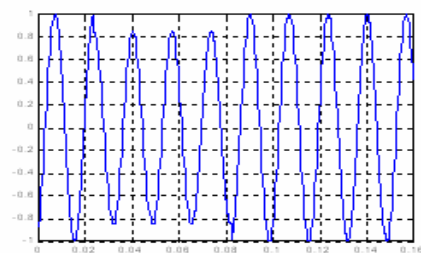
Fuente: Autores del proyecto.

- **Caídas de tensión:** son disminuciones del valor eficaz de la tensión entre 0,1 y 0,9 p.u. a frecuencia industrial, con duración entre 0,5 ciclos y un minuto; (ver figura 5).

Figura 5. Caídas de tensión en valores r.m.s y valores instantáneos.



(a) Caída de tensión en valor r.m.s.

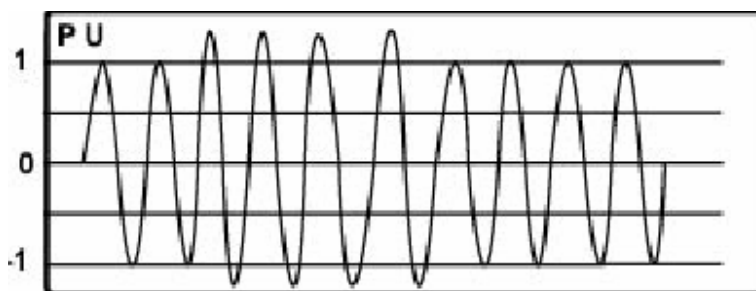


(b) Caída de tensión en valor instantáneo.

Fuente: <http://www.dranetz-bmi.com>.

- **Elevaciones de tensión:** son incrementos entre 1,1 y 1,8 pu del valor eficaz de la tensión, a frecuencia industrial, para duraciones de 0,5 ciclos a 1 minuto (ver figura 6).

Figura 6. Elevación de tensión



Fuente: [http://www.e-shikshalaya.com/powerquality\\_files/poewrquality\\_image](http://www.e-shikshalaya.com/powerquality_files/poewrquality_image).

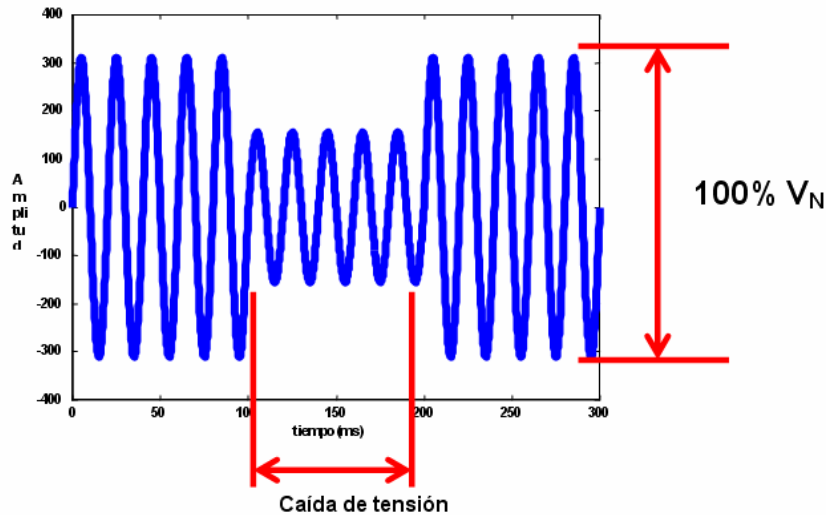
#### 1.4 LAS CAÍDAS DE TENSION

El interés en el estudio de las caídas de tensión se centra en las pérdidas económicas que se presentan anualmente en el sector industrial por la interrupción de procesos de producción y en los daños que sufren equipos electrónicos sensibles cuando se presenta este fenómeno electromagnético.

Un hueco o caída de tensión (“sag”) es la reducción del valor eficaz de la tensión entre el 0,1 y 0,9 p.u. de su valor nominal, durante 8,33ms a 1 minuto; caracterizada a frecuencia industrial (60Hz en Colombia)<sup>5</sup>. También se define la caída de tensión (“dip”) como la caída repentina del valor eficaz de la tensión entre el 90% y el 10% de la tensión declarada seguida por una recuperación del valor eficaz de la tensión, con una duración entre 10ms y 1 minuto.

<sup>5</sup> [www.dranetz-bmi.com/pdf/sags-swells.pdf](http://www.dranetz-bmi.com/pdf/sags-swells.pdf)

Figura 7 Onda de una caída de tensión.



Fuente: Autores del proyecto.

#### 1.4.1 Clasificación de las caídas de tensión

Las caídas de tensión se clasifican de diferentes maneras de acuerdo a sus principales características.

- De acuerdo a su duración:

Instantáneas: su duración está entre 0,5 ciclos (8,33ms) - 30 ciclos (500ms).

Momentáneas: su duración está entre 30 ciclos (500ms) - 3s.

Temporales: su duración está entre 3s – 1 minuto.

- De acuerdo con la variación del valor eficaz:

Caída rectangular: es la perturbación debida a fallas en el sistema eléctrico que producen un aumento de la corriente y por consiguiente una caída de tensión mayor en los elementos que lo componen.

Caída no rectangular: es la perturbación causada por fallas en un sistema eléctrico con cargas rotativas o por el arranque de motores de inducción<sup>6</sup>.

#### **1.4.2 Causas y efectos de las caídas de tensión**

Las principales causas por las cuales se presentan las caídas de tensión son:

- Fallas de cortocircuito en los sistemas de potencia.
- Energización de transformadores.
- Cambios de carga.
- Sobrecargas.
- Conmutación de circuitos.
- Fallos de aislamiento.
- Arranque de grandes motores de inducción.
- Descargas atmosféricas.

Los efectos producidos por una caída de tensión varían según el dispositivo que este sometido a ellos; los más notorios son:

- La desconexión de equipos sensibles como: computadores, controladores lógicos programable (PLC), sistemas de control, contactores, lámparas y motores.
- El disparo de relees.
- El reinicio anormal o presencia de errores en procesos automatizados<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> <http://powerstandards.com/tutorials%5Csagsandswells.htm>

<sup>7</sup> <http://www.powerprotection.org/surges/index.shtml>

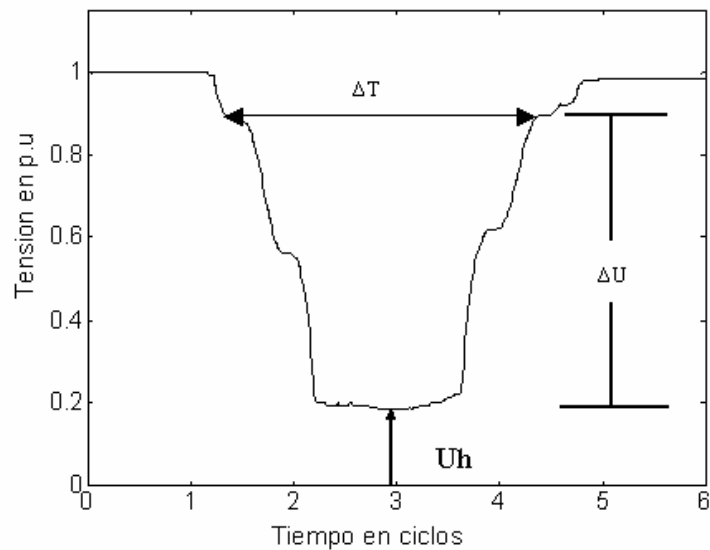
### 1.4.3 Características de las caídas de tensión

Las dos principales características de las caídas de tensión son su duración y la magnitud de su valor eficaz.

La magnitud de la caída de tensión es la tensión eficaz remanente durante el evento, en porcentaje de la tensión prefalla (generalmente la nominal). Es posible observar con esta definición que la magnitud de la caída de tensión es inversamente proporcional a la severidad de la caída.

La duración de una caída de tensión esta determinada por el tiempo durante el cual la tensión eficaz tiene un valor menor al 90% de su valor nominal.

Figura 8 Características de las caídas de tensión.



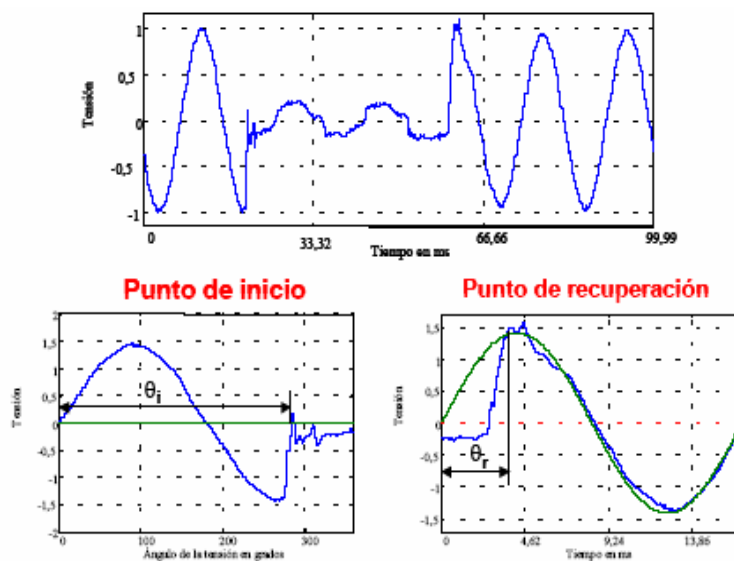
Fuente: Autores del proyecto.

Otros parámetros a tener en cuenta en el estudio de las caídas de tensión son:

El Punto de inicio de una caída de tensión que corresponde al ángulo de fase de la onda de tensión en el momento en que dicha onda presenta una caída significativa con respecto a su forma de onda normal, utilizando como punto de referencia el último cruce por cero ascendente de la tensión fundamental preevento.

El Punto de recuperación de una caída de tensión que es el ángulo de fase de la onda de tensión en el momento en que esta muestra una recuperación significativa. En la figura 9 se presentan estos dos instantes.

Figura 9 Diagrama de una caída de tensión con su punto de inicio y punto de recuperación.



Fuente: <http://www.prolyt.com/archivosprolyt2/>.

La Tensión perdida que se define como la diferencia entre la tensión real que debería existir si no se presentará la caída de tensión y la tensión que existe en el momento de presentarse la caída.

El Salto de ángulo de fase que corresponde a la diferencia entre el ángulo de fase de la tensión preevento y la tensión durante la caída de tensión.

Para obtener el salto del ángulo de fase, es necesario medir el ángulo de fase de la tensión durante la caída para compararlo con el ángulo de fase de la tensión antes de la caída; el ángulo de fase de la tensión puede obtenerse a partir del cruce por cero o de la fase de la componente fundamental de la tensión.

Los saltos del ángulo de fase en fallas trifásicas se deben a la diferencia en la relación  $X/R$  entre la fuente y el alimentador y a las transformaciones que experimentan las caídas de tensión hacia niveles de tensión más bajos, debido a los transformadores de potencia.

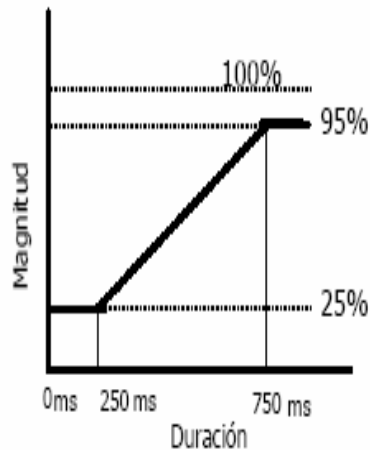
## **1.5 COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS SOMETIDOS A CAIDAS DE TENSIÓN**

Los equipos eléctricos trabajan adecuadamente cuando su tensión eficaz es constante e igual a su valor nominal. Ningún equipo electrónico puede trabajar indefinidamente sin electricidad; por lo tanto, frente a una alimentación nula, cesará su operación en un menor o mayor tiempo, dependiendo del equipo. Para determinar su tolerancia a cortocircuitos en el sistema, se realiza una prueba en los equipos para diferentes valores de tensión, y con cada una de ellas se determina el tiempo que permanece trabajando normalmente. Se unen los puntos resultantes y se obtiene la curva de tolerancia de tensión de dicho equipo<sup>8</sup> como se muestra en la figura 10.

---

<sup>8</sup> [www.itic.org/technical/iticurv.pdf](http://www.itic.org/technical/iticurv.pdf)

Figura 10 Curva de tolerancia de tensión.



Fuente: CEI 61000-4-10

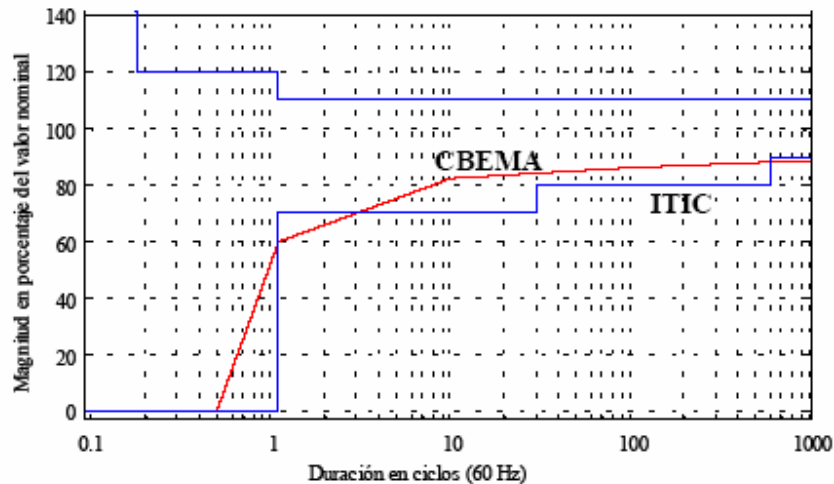
Existen dos tipos de curvas normalizadas para la comparación con las curvas de tolerancia obtenidas en pruebas de laboratorio, estas son:

- CBEMA: (Computer Business Equipment Manufacturers Association) establecida en 1976 en las instalaciones militares donde se realizaban pruebas de tolerancia de tensión en computadores grandes.
- ITIC: (Information Technology Industry Council) esta es una versión mejorada y discreta de la curva CBEMA siendo esta más sensible y de mayor utilidad<sup>9</sup>.

En la figura 11 se muestran estas dos curvas.

<sup>9</sup> <http://www.sentinelpower.com/MCG/protect.htm>

Figura 11 Curvas CBEMA e ITIC



Fuente: CEI 61000-4-10

Como se había mencionado anteriormente varios equipos electrónicos son extremadamente sensibles a las caídas de tensión. Las consecuencias del funcionamiento incorrecto de estos equipos debido a la presencia de caídas de tensión son enormes. La principal precaución que se debe tomar para evitar dichas pérdidas es alimentar los equipos sensibles (PLC, Reles, Computadores, Sistemas de control, etc.) a través de una fuente ininterrumpida de potencia (UPS) que pueda suplir la tensión en el caso de que aparezcan caídas de tensión en el sistema.

## 1.6. ENSAYOS DE INMUNIDAD A LAS CAIDAS DE TENSION

La norma CEI (Comisión Electrotécnica Internacional) 61000-4-11 define los métodos de ensayos de inmunidad<sup>10</sup> y también los rangos de los niveles

<sup>10</sup> CEI 61000-4-11. Ensayos de inmunidad a los caídas de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión

aconsejables para los equipos eléctricos y electrónicos conectados a las redes de baja tensión, en lo concerniente a las caídas de tensión. Esta norma también se aplica a los equipos eléctricos y electrónicos cuando la corriente de alimentación asignada no pasa de 16 A por fase.

### 1.6.1 Niveles del ensayo

Las tensiones aconsejadas por el CEI utilizan la tensión asignada del equipo ( $U_T$ ) como base para las especificaciones de los niveles de ensayos.

Los niveles de tensión aconsejables para ensayos de inmunidad (en % de  $U_T$ ) utilizados son: 0%, 40% y 70% que corresponden a caídas de tensión del 100% 60% y 30%.

Un nivel de ensayo del 0% corresponde a una interrupción total de la tensión de alimentación. En la práctica, un nivel de tensión de ensayo del 0 % al 20 % de la tensión normal puede ser considerado como una interrupción total<sup>11</sup>. En la tabla 1 se resume los niveles de tensión y su duración.

Tabla 1 Niveles de ensayo y duración aconsejables para las caídas de tensión.

Nivel de ensayo % $U_T$ <sup>12</sup>	caídas de tensión e interrupciones breves % $U_T$	Duración (en periodos)
0	100	0,5*
40	60	1
70	30	5
		10
		25
		50
		X
* Para 0,5 periodos, el ensayo debe ser realizado en polaridad positiva y en polaridad negativa, es decir, comenzando a 0 y 180 grados.		

Fuente: CEI 61000-4-11

<sup>11</sup> <http://www.iec.ch/>

<sup>12</sup>  $U_T$ : Tensión de ensayo.

Con relación a los valores de tensión para el ensayo se deben tener en cuenta las siguientes observaciones:

- 1.- Pueden ser elegidos uno o más de los niveles y duraciones de los ensayos anteriores.
- 2.- Si el Equipo Sometido a Ensayo (ESE) es probado para las caídas de tensión de 100%, no es necesario hacerle el ensayo a otros niveles para la misma duración. Sin embargo, esto no es cierto en ciertos casos (sistemas de seguridad o dispositivos electromecánicos).
- 3.- La variable "X" de la tabla 1 corresponde a una duración "abierta" que puede figurar en las especificaciones del producto. Los distribuidores en Europa han medido caídas de tensión e interrupciones breves de una duración situada entre 1/2 y 3000 períodos, pero las duraciones inferiores a 50 períodos son las más comunes.
- 4.- Cada duración puede ser seleccionada por cada nivel de ensayo.

EL CEI también especifica un ensayo con una transición definida entre la tensión asignada  $U_T$  y la tensión modificada. La duración aconsejada para las variaciones de tensión y la duración que las tensiones reducidas que deben ser mantenidas se presentan en la tabla 2. Conviene que la tasa de variación de la tensión sea constante. Sin embargo, la tensión puede variar por escalones. Conviene que estos saltos de escalón se efectúen en los puntos de paso por cero y ellos no deben pasar de un valor superior al 10% de  $U_T$ . Si estos escalones son inferiores al 1% de  $U_T$  son considerados como una tasa de variación constante.

Tabla 2 Duración de variaciones a corto plazo de la tensión de alimentación.

Nivel de ensayo de tensión	Duración de la caída de tensión	Duración de la tensión reducida	Duración de la subida de tensión
40 % $U_T$	2 s $\pm$ 20 %	1 s $\pm$ 20 %	2 s $\pm$ 20 %
0 % $U_T$	2 s $\pm$ 20 %	1 s $\pm$ 20 %	2 s $\pm$ 20 %
	X	X	X

Fuente: CEI 61000-4-11

La x indica un conjunto de duraciones abiertas.

### 1.6.2 Instrumentación recomendada para el ensayo

Según las recomendaciones de la normativa CEI 61000-4-11 el generador de perturbaciones utilizado debe tener la capacidad de impedir la emisión de perturbaciones importantes que si son inyectadas por la red de alimentación, puedan influenciar los resultados de los ensayos.

Las características y funcionamiento del generador son las siguientes:

- Tensión de salida: Como se indica en la tabla 1 + o – 5%.
- Cambio con la carga a la salida del generador:
- 100% de tensión de salida, 0 a 16 A: menor de 5%
- 70% de tensión de salida, de 0 a 23 A: menor de 7%
- 40% de tensión de salida, 0 a 40 A: menor a 10 %
- Corriente máxima de salida: 16 A eficaces por fase a la tensión asignada. El generador debe de ser capaz de suministrar 23 A al 70% de esta tensión asignada y 40 A al 40% de la tensión asignada durante cinco segundos.

- Capacidad de suministro de cresta de corriente de entrada (no es requerida para los ensayos de variaciones de tensión): no debe ser limitada por el generador. Sin embargo, la corriente de cresta máxima que el generador pueda admitir, no debe pasar necesariamente de 500 A entre 220 V y 240V ó 250 A entre 100 y 120 V.
- Desviaciones transitorias positiva o negativa de la tensión, con el generador cargado por una carga resistiva de 100 W: menor de 5% de la variación de la tensión.
- Tiempos de subida (y tiempos de bajada) durante el cambio brusco de tensión, con el generador cargado con una carga resistiva de 100 W: entre 1  $\mu$ s y 5  $\mu$ s.
- Desfase: (si es necesario) 0° a 360°.
- Relación de fase entre las caídas e interrupciones breves de tensión y la tensión de la red: menor de  $\pm 10^\circ$ .
- La impedancia de salida debe ser principalmente resistiva. La impedancia de salida del generador de ensayo debe ser baja incluso durante las fases transitorias.

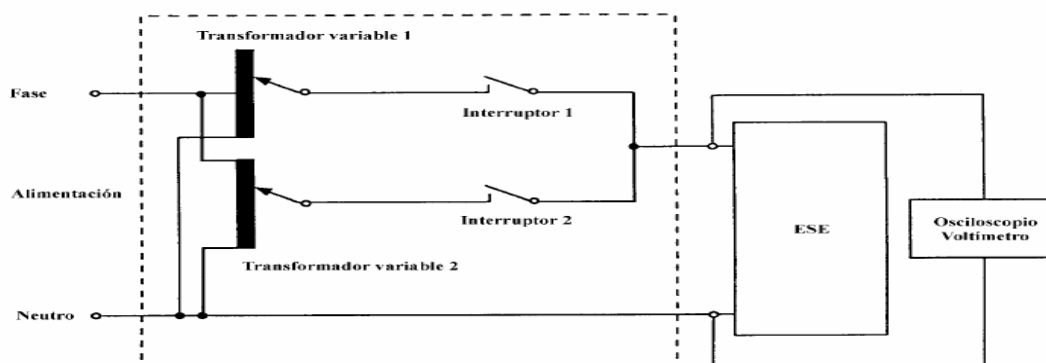
### 1.6.3 Instalación del ensayo

El ensayo debe realizarse con el equipo sometido a ensayo (ESE) conectado al generador con la ayuda del cable de alimentación más corto y especificado por el constructor del equipo a ensayar. Si la longitud del cable no se precisa, hay que tener en cuenta que esta debe de ser lo más corta posible, compatible con el ensayo sobre el equipo<sup>13</sup>. En la figura 12 se muestra la disposición de los equipos durante el ensayo.

---

<sup>13</sup> Extraído directamente de la normativa CEI 61000-4-11.

Figura 12 Disposición de los equipos para realizar el ensayo con un generador de caídas de tensión según el CEI.



Fuente: CEI 61000-4-10

#### 1.6.4 Procedimiento de ensayo

El CEI recomienda que el plan de ensayo, comprenda al menos los puntos siguientes:

- La designación del tipo de equipo sometido a ensayo (ESE);
- Las informaciones sobre las conexiones posibles (clavijas, bornes, etc.) así como los cables y periféricos correspondientes;
- Los bornes de alimentación del equipo a ensayar;
- Los modos de funcionamiento representativos del equipo sometido a ensayo durante el ensayo (ESE);
- Los criterios de prestaciones utilizadas y definidas en las especificaciones técnica;
- Los modos operacionales del equipo;
- La descripción de la configuración del ensayo.

Si las fuentes de señales reales necesarias para el funcionamiento del equipo sometido a ensayo no están disponibles, se podrán simular.

Para cada ensayo, todo deterioro de funcionamiento debe de ser registrado. Es necesario que el equipo de control tome nota de los estados concernientes al modo de funcionamiento del equipo sometido a ensayo durante y después de los mismos. Después de cada grupo de ensayo, se realizará una verificación completa de funcionamiento.

### **1.6.5 Ejecución del ensayo**

La tensión de la red empleada en el curso del ensayo debe ser controlada con una precisión del 2%. El control de paso por cero de los generadores debe de tener una precisión de  $\pm 10^\circ$ .

El equipo sometido a ensayo debe probarse para cada combinación seleccionada de nivel de ensayo y duración según una secuencia de tres caídas/interrupciones breves a intervalos de diez segundos como mínimo (entre cada ensayo). Cada modo de funcionamiento representativo debe ser ensayado.

Los cambios bruscos de tensión deben producirse al paso por cero de la tensión, y además de los ángulos considerados como críticos por los comités de productos o por las especificaciones individuales de producto, se seleccionará con preferencia los ángulos:  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $225^\circ$ ,  $270^\circ$  y  $315^\circ$  por cada fase.

### **1.6.6 Resultados e informes del ensayo**

La variedad y diversidad de equipos y sistemas a ensayar hacen difícil la tarea de establecer los efectos de este ensayo en los equipos y sistemas. Los resultados de ensayo se clasificarán con base a las condiciones de operación y especificaciones funcionales del ESE, como las siguientes, salvo que se den especificaciones diferentes por los comités de productos o especificaciones de producto:

- a) Funcionamiento normal dentro de los límites especificados.
- b) Degradación temporal o pérdida de función o comportamiento auto recuperable.
- c) Degradación temporal o pérdida de función o comportamiento que requiere la intervención del operador o la puesta a cero del sistema.
- d) Degradación o pérdida de función no recuperable debida a daños en el equipo (componentes) o programa ("software"), o la pérdida de datos.

## CAPÍTULO 2

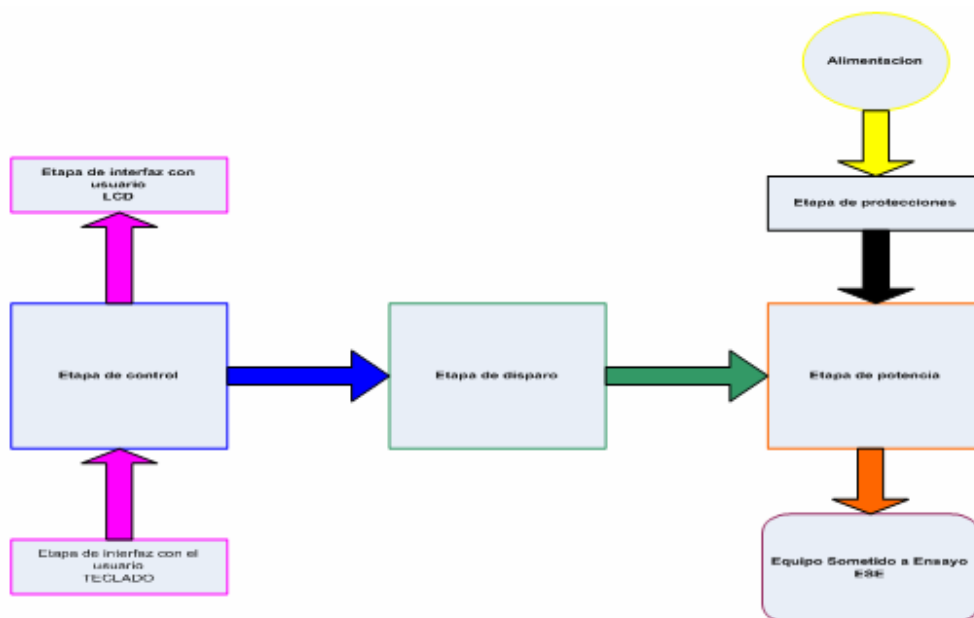
### 2.- GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN

El esquema de diseño del dispositivo a construir, esta basado en el circuito de la figura 12, según la normativa CEI 61000-4-11.

El generador diseñado y construido en este proyecto consta de cinco etapas que se observan en el diagrama de bloques de la figura 13 y son:

- Etapa de control
- Etapa de disparo
- Etapa de potencia
- Etapa de protecciones
- Etapa de interfaz con el usuario

Figura 13 Diagrama de bloques del generador de interrupciones y caídas de tensión



Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en la figura 13 la etapa de interfaz con el usuario es la encargada de la visualización e introducción de las opciones de programación a la etapa de control, la cual a su vez activará la etapa de disparo, que se encargara de elegir que nivel de potencia es suministrado por la etapa de potencia al equipo sometido a ensayo (ESE), así mismo la etapa de protecciones como su nombre lo indica es la encargada de vigilar el estado de la interconexión entre la alimentación y la etapa de potencia para de ser necesario interrumpir el suministro de tensión y evitar daños tanto en el generador como en el ESE.

Tras esta breve descripción del generador se procederá a describir cada una de las etapas por separado, ilustrando sus componentes, interconexiones, funcionamiento, y salida hacia la siguiente etapa.

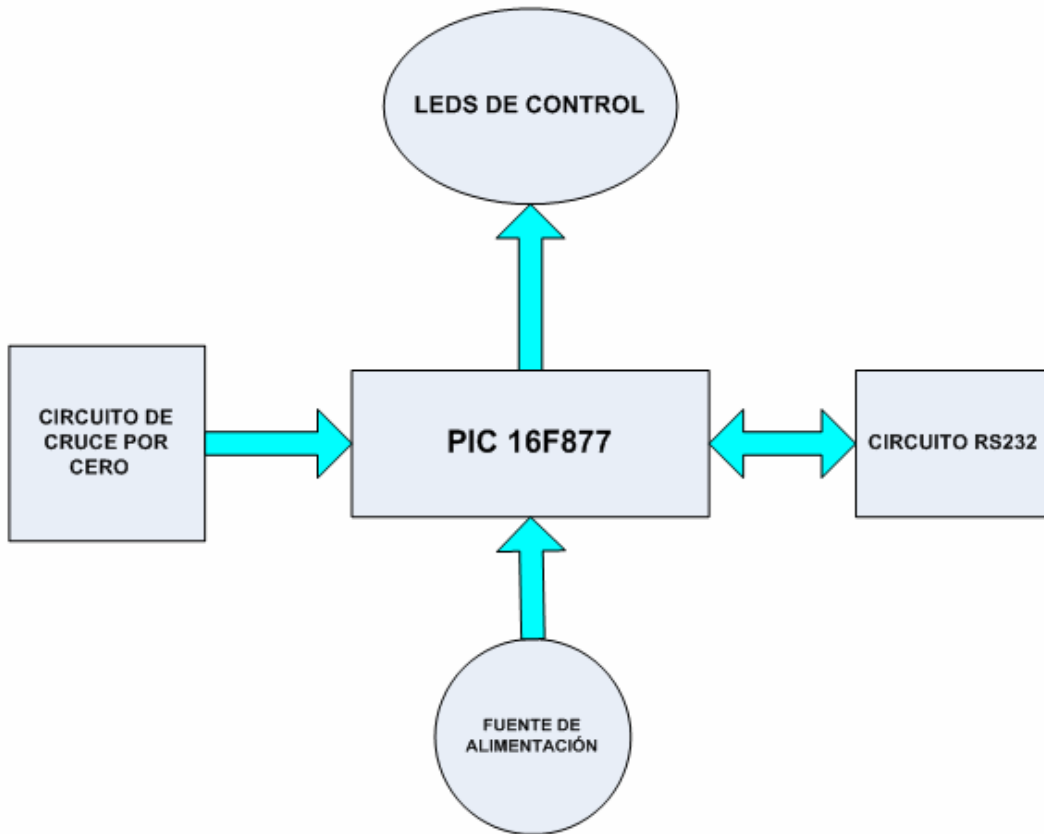
## **2.1 ETAPA DE CONTROL**

La etapa de control como su nombre lo indica es la encargada de manejar los periféricos, generar las señales de activación de los circuitos de disparo y de la comunicación con el computador. Como se observa en la figura 14 esta etapa consta cinco partes:

- Fuente de alimentación
- Circuito de cruce por cero.
- LEDS de control.
- Circuito RS232.
- Microcontrolador PIC16F877.

El circuito esquemático de la etapa de control se encuentra en el Anexo A.

Figura 14. Diagrama del circuito de control.



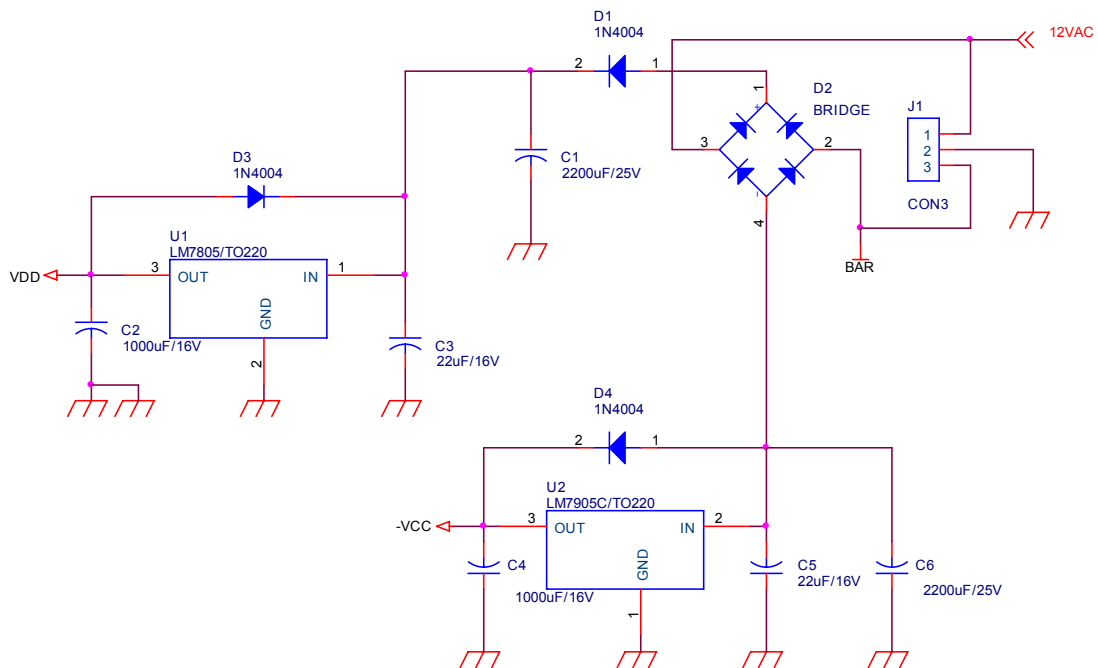
Fuente: Autores del proyecto

### 2.1.1 Fuente de alimentación

El sistema de control está alimentado con fuente de corriente continua lineal constituida por un puente rectificador de onda completa, y dos circuitos reguladores de tensión, el LM7805 y el LM7905. En la figura 15 la tensión de alimentación de 12 VAC proveniente de un transformador reductor (120/12) alimenta el puente rectificador. La tensión de salida de los reguladores son de + 5 VDC y -5 VDC y con ella se alimentan: la etapa de control (microcontrolador, Circuito RS232, circuito de detección por cero), visualizador (display) y el teclado que forman parte de la interfaz con el usuario. La decisión de utilizar este tipo de fuente se tomó al considerar que esta etapa de control no se requiere que

funcione cuando no haya suministro eléctrico y dado que la potencia consumida por el circuito es baja las fuentes lineales son una buena elección. La figura 15 muestra el diagrama de esta fuente.

Figura 15 Fuente de alimentación de +5VDC y – 5VDC



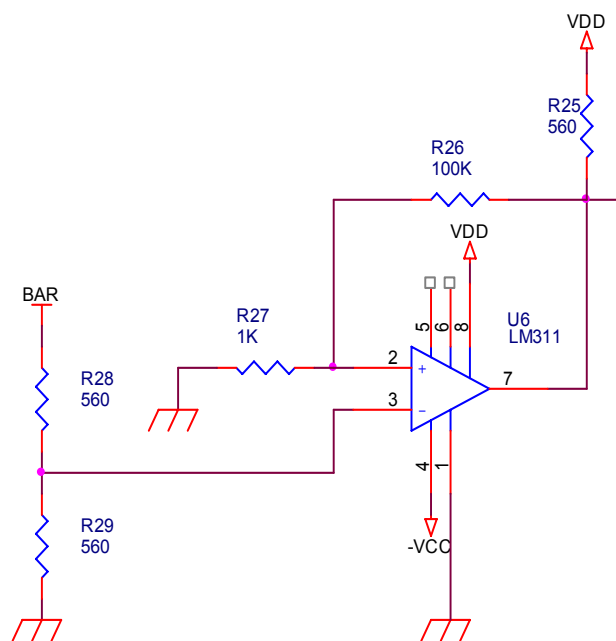
Fuente: Autores del proyecto

### 2.1.2 Circuito detector de cruce por cero

El empleo del circuito detector de cruce por cero esta basado en el principio de operación de la terminal de salida del Amplificador Operacional LM311, la cual se comporta como un interruptor entre los pines 1 y 7 del circuito integrado LM311. En la figura 16 se aprecia el dibujo esquemático del circuito que se ha implementado.

El principio de operación del detector de cruce por cero está basado en que cuando la entrada no inversora (pin 2) es más positiva que la entrada inversora (pin 3), el interruptor equivalente de salida del LM311 se comporta en estado abierto y por lo tanto la tensión de salida es igual a 5V (o un alto en lógica TTL).

Figura 16 Circuito de detección de cruce por cero



Fuente: Autores del proyecto

En caso contrario es decir, cuando la entrada no inversora (pin 2) es menos positiva que la entrada inversora (pin 3), el interruptor equivalente de salida del detector de cruce por cero se comporta en estado cerrado y por lo tanto la tensión de salida es igual a 0V (bajo en lógica TTL). De esta forma se obtienen los cruces por cero de la señal que proviene de la interfaz de alimentación, estos datos que se toman van hacia el microcontrolador y con esta información el algoritmo de control deja en fase a la señal que se encuentra guardada en la memoria

EEPROM de programa del microcontrolador con la señal que se acaba de muestrear.

### **2.1.3 Leds de control**

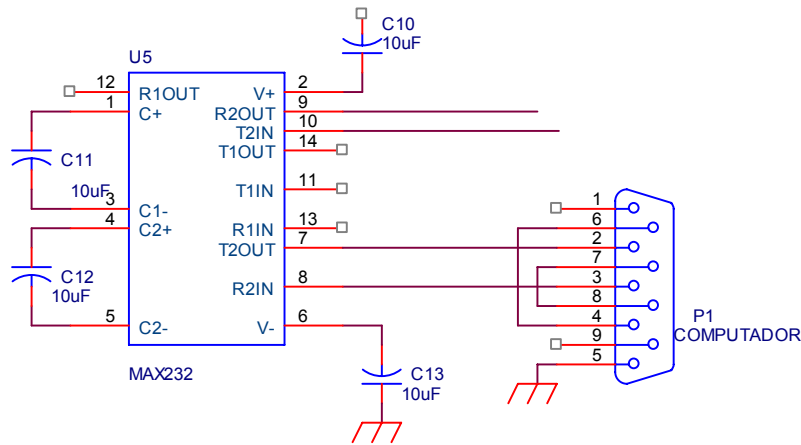
La etapa de control tiene dos leds indicadores, el primero muestra si el circuito está en operación, encendiendo en color verde cuando este operando y en rojo en caso contrario y otro led que indica el modo de programación de las interrupciones, encenderá de color verde si las interrupciones se programaron en milisegundos, en rojo si se programaron en segundos y en naranja si se programaron por semiciclos de onda. Estos leds están conectados a los puertos de entrada del microcontrolador así: el LED de control de operación a los puertos RC0 y RC1 y el LED de modo de programación puertos RC5 y RD4.

### **2.1.4 Circuito RS232**

Se ha optado por dotar de un puerto serial RS232 a la tarjeta de control con el fin de realizar modificaciones futuras al equipo, como por ejemplo un programa que permita programar las interrupciones desde un PC.

Esta interfaz para todos sus fines está completamente aislada de las líneas de potencia del generador y su acople es óptico, como puede observarse en el diagrama de la figura 17. La alimentación de esta interfase proviene de la misma fuente de alimentación empleada para el microcontrolador. Se seleccionó este tipo de acople óptico con el objeto de aislar eléctricamente el puerto del PC, que se conecte al equipo.

Figura 17 Circuito RS232



Fuente: Autores del proyecto

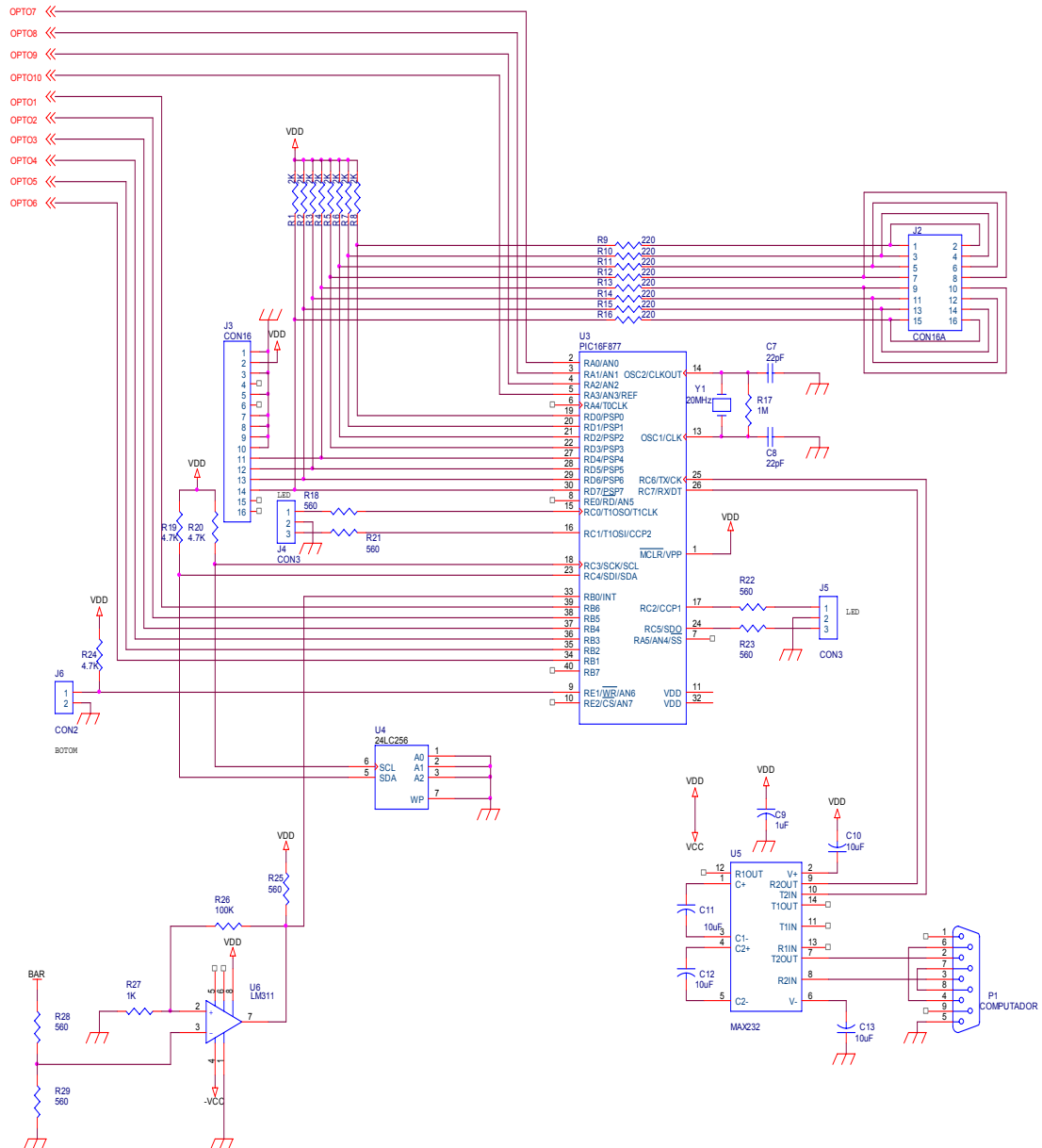
Como se observa en la figura 17, el circuito MAX232 es el encargado de convertir las señales TTL que le envía el microcontrolador a través de sus puertos RC6 y RC7 en señales RS232 que son transmitidas al computador a través del puerto RS232.

### 2.1.5 Microcontrolador 16F877

El microcontrolador es el encargado de programar las perturbaciones que se le quieren introducir al equipo sometido a ensayo (ESE), manejar la etapa de interfaz con el usuario (Display y Teclado), proveer las señales que activan la etapa de disparo y además a futuro manejar la comunicación con el computador. En el esta contenido el programa que controla el funcionamiento del generador de caídas e interrupciones de tensión, además por motivos de seguridad se colocó una memoria externa la cual contiene una copia del programa y de los últimos datos de programación. En el capítulo 3 se muestra el algoritmo de programación y la forma de programar al generador de caídas e interrupciones de tensión.

En la figura 18 se puede observar el plano esquemático de la etapa de control el cual permite ver las conexiones a los diferentes puertos del microcontrolador.

Figura 18 Esquemático total de la etapa de control



Fuente: Autores del proyecto

## 2.2 ETAPA DE DISPARO

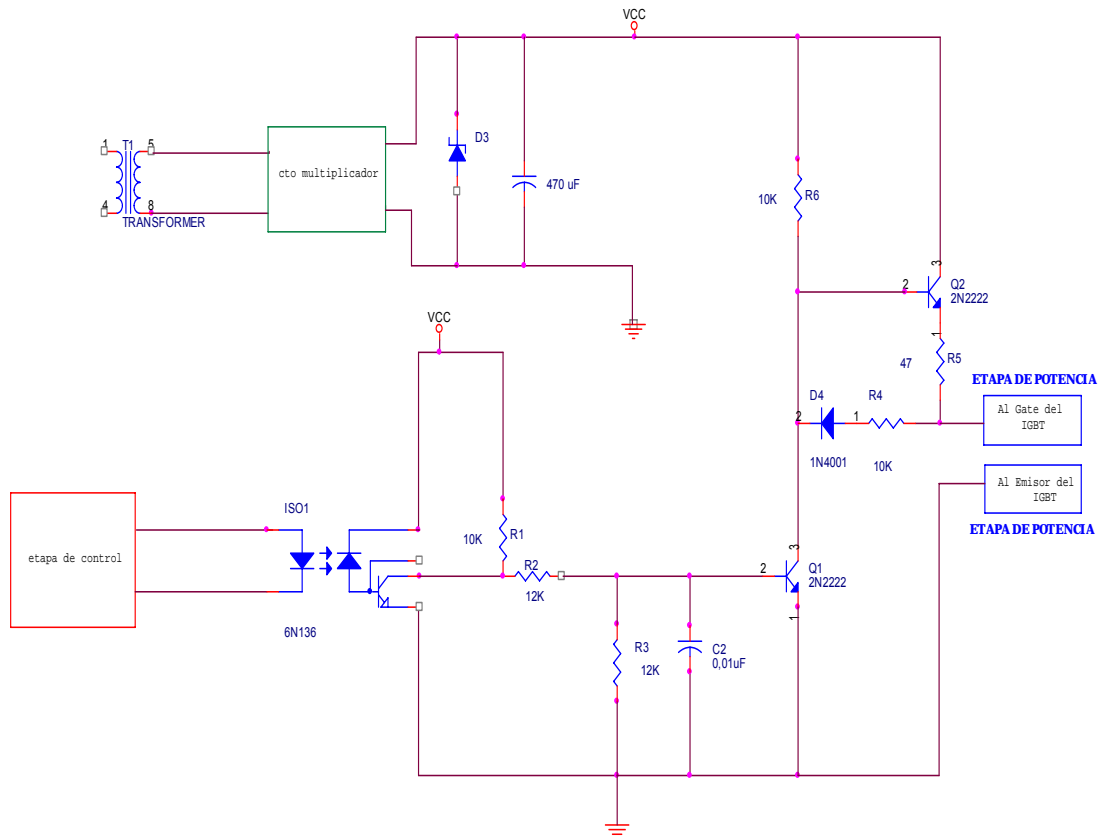
Esta etapa de disparo consta de 10 circuitos idénticos (el circuito esquemático de esta etapa se encuentra en el Anexo B). Cada uno de ellos habilitará un TAP diferente en la etapa de potencia y por ende permitirá el paso de diferentes tensiones de mayor o menor nivel al ESE. Los circuitos de disparo son alimentados con 12 VAC provenientes de un transformador que se encarga de reducir la tensión de alimentación.

El circuito de disparo es el encargado de excitar en la puerta a los IGBT para que estos permitan el paso de las señales de prueba hacia el ESE, y así someterlo a diferentes niveles de tensión.

Con los circuitos individuales se busca garantizar que no estén activos dos disparos en el mismo instante para prevenir que los equipos sometidos a las pruebas sufran daños irreparables por cambios no deseados de tensión en un mismo instante de tiempo, o por entrada de una doble señal. Como se expuso en el capítulo uno lo que se busca es variar la magnitud de la señal de entrada para producir caídas e interrupciones de tensión que permitan determinar el efecto que éstas causan en los equipos sensibles.

En la figura 19 se observa el esquema general de uno de los circuitos que conforman la etapa de disparo, encargada de activar las puertas de los IGBT's para permitir el paso de la señal de tensión hacia el ESE.

Figura 19. Esquema general del circuito de disparo.



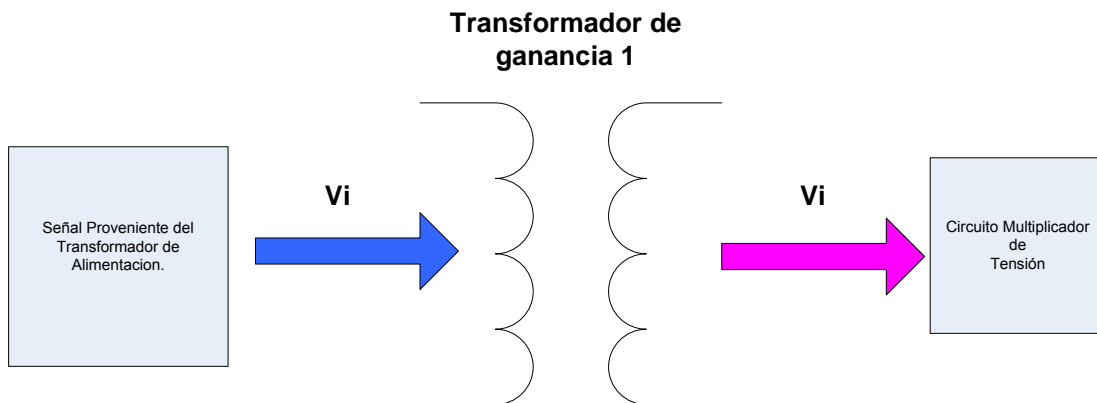
Fuente: Autores del proyecto

El circuito consta de: un Transformador, un circuito de multiplicador de tensión, un optoacoplador 6N136 y un circuito de conmutación (ver figura 19).

### 2.2.1 El transformador

EL transformador es el encargado de tomar la señal de alimentación 12VAC, y mantenerla, sirviendo así como fuente independiente de tensión, y enviarlo al circuito multiplicador de tensión como se observa en la figura 20.

Figura 20 Diagrama de bloques de la función cumplida por el transformador del circuito de disparo



Fuente: Autores del proyecto

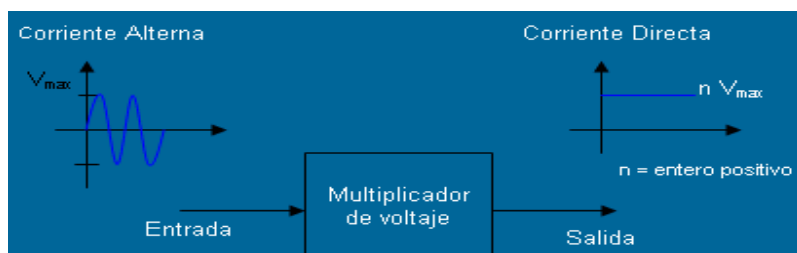
Estos transformadores evitan que por la conmutación de los IGBTs en el momento de generación del disparo se produzcan caídas de tensión, lo cual se experimentó cuando se utilizaron en una primera instancia capacitores que recibían directamente la tensión del transformador de alimentación y en los cuales al generarse perturbaciones de larga duración se descargaban totalmente y el equipo sufría fallas pues se deshabilitaba el tap y no se podían generar perturbaciones de larga duración. Es decir el transformador mantiene la tensión durante el tiempo que dura la perturbación.

### 2.2.2 Circuito multiplicador de tensión

El siguiente componente de la etapa de disparo es un circuito multiplicador de tensión. Este es un circuito que permite tener un nivel de continua igual a un factor entero del valor pico de una señal de entrada. El principio de operación de estos circuitos se observa en la figura 21 y se basa en la carga sucesiva de condensadores debido a la habilitación en cascada de diodos. Este tipo de circuitos se utilizan para mantener el valor máximo de la tensión de un

transformador relativamente bajo, ya que eleva la tensión de salida en dos, tres, cuatro o más veces la tensión máxima. Para este proyecto el factor de multiplicación seleccionado fue de cuatro, porque al iniciar las pruebas del primer prototipo se comprobó que la tensión necesaria para el funcionamiento óptimo del mismo se obtuvo al agregar cuatro etapas de multiplicación en este circuito.

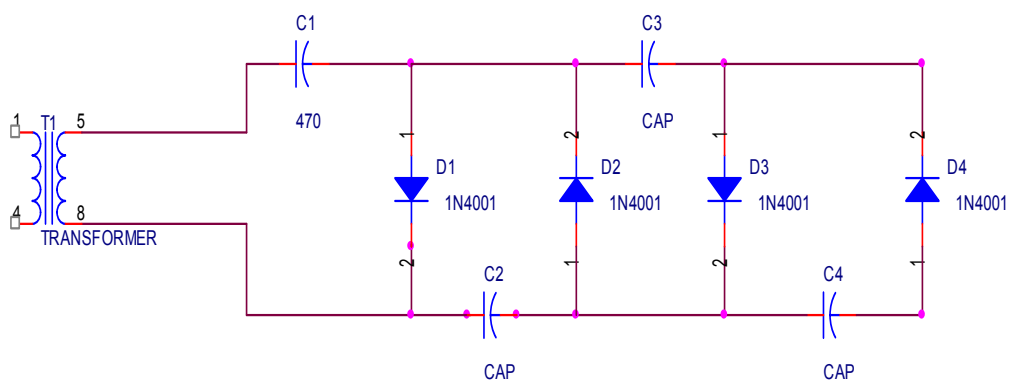
Figura 21. Principio de funcionamiento del circuito multiplicador de tensión



Fuente: Autores del proyecto

El circuito multiplicador de tensión implementado en la etapa de disparo se muestra en la figura 22.

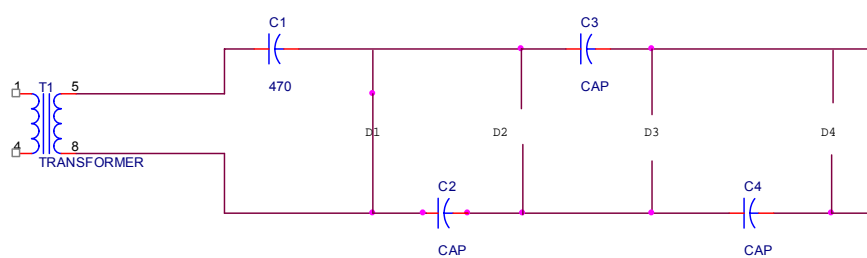
Figura 22 Circuito multiplicador de tensión implementado en la etapa de disparo



Fuente: Autores del proyecto

Su funcionamiento comienza con la carga del condensador C1 a la tensión que ofrece el transformador ( $V_{ab}$ ) cuando D1 se polariza directamente (quedando en cortocircuito), tal y como se muestra en la figura 23. Los demás diodos están polarizados inversamente y por consiguiente no circula corriente por ellos.

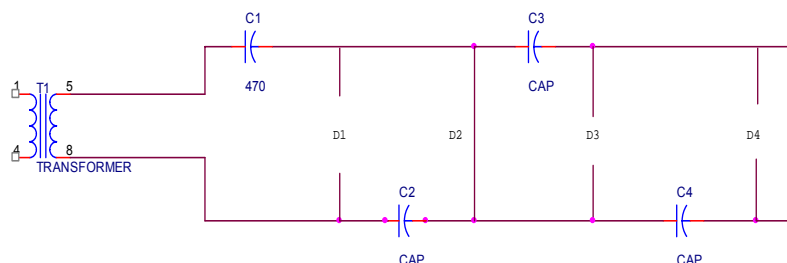
Figura 23 Circuito multiplicador de tensión con C1 cargado.



Fuente: Autores del proyecto

En el siguiente semiciclo D1 se polariza inversamente (circuito abierto), y D2 se polariza de forma directa (cortocircuito) y así se obtiene la carga del condensador C2. Esta vez la carga de este condensador se hace a una tensión que es la suma de la almacenada en C1 y la proporcionada por  $V_{ab}$ , es decir, C2 se carga a una tensión  $2V_{max}$  ó, lo que es igual, C2 obtiene una tensión doble de entrada al circuito. Los diodos D3, D4 y D5 quedan polarizados inversamente como D1. La figura 24 muestra el circuito correspondiente a esta situación.

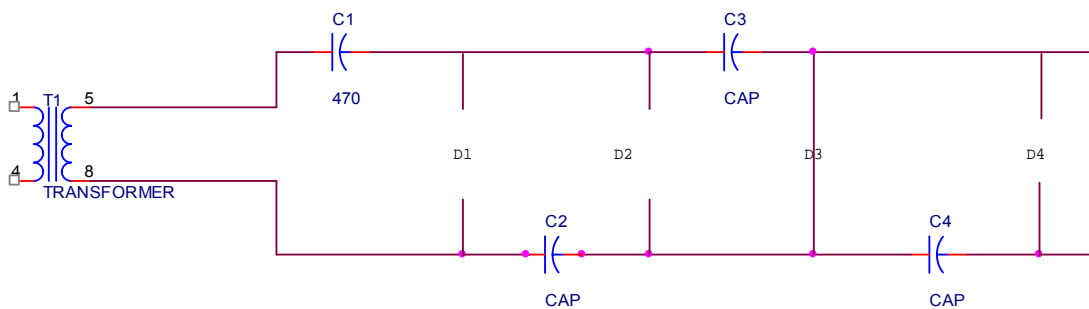
Figura 24. Circuito multiplicador para cuando D2 se polariza.



Fuente: Autores del proyecto

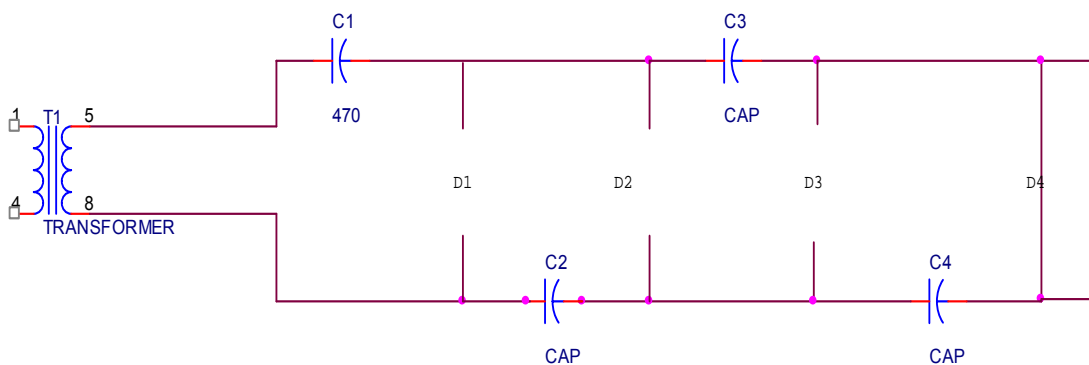
Este proceso se repite en los siguientes semiciclos de forma que se cargan los condensadores C3 y C4 a tres y cuatro veces respectivamente el valor máximo de la señal de tensión. Las figuras 25 y 26 muestran los circuitos respectivos para el tercero y cuarto semiciclo respectivamente.

Figura 25. Circuito multiplicador para cuando D3 se polariza.



Fuente: Autores del proyecto

Figura 26. Circuito multiplicador para cuando D4 se polariza.



Fuente: Autores del proyecto

Debido a que la carga de entrada es pequeña y los capacitores tienen poca fuga, pueden obtenerse tensiones altas mediante este tipo de circuito, utilizando muchas secciones en cascada para aumentar la tensión.

### **2.2.3 El optoacoplador 6N136**

El integrado 6N136 es un optoacoplador de alta velocidad que junto con el circuito multiplicador se encargan de suministrar las diferentes tensiones al circuito de conmutación, ahora se dará una breve descripción del funcionamiento del optoacoplador y sus principales características.

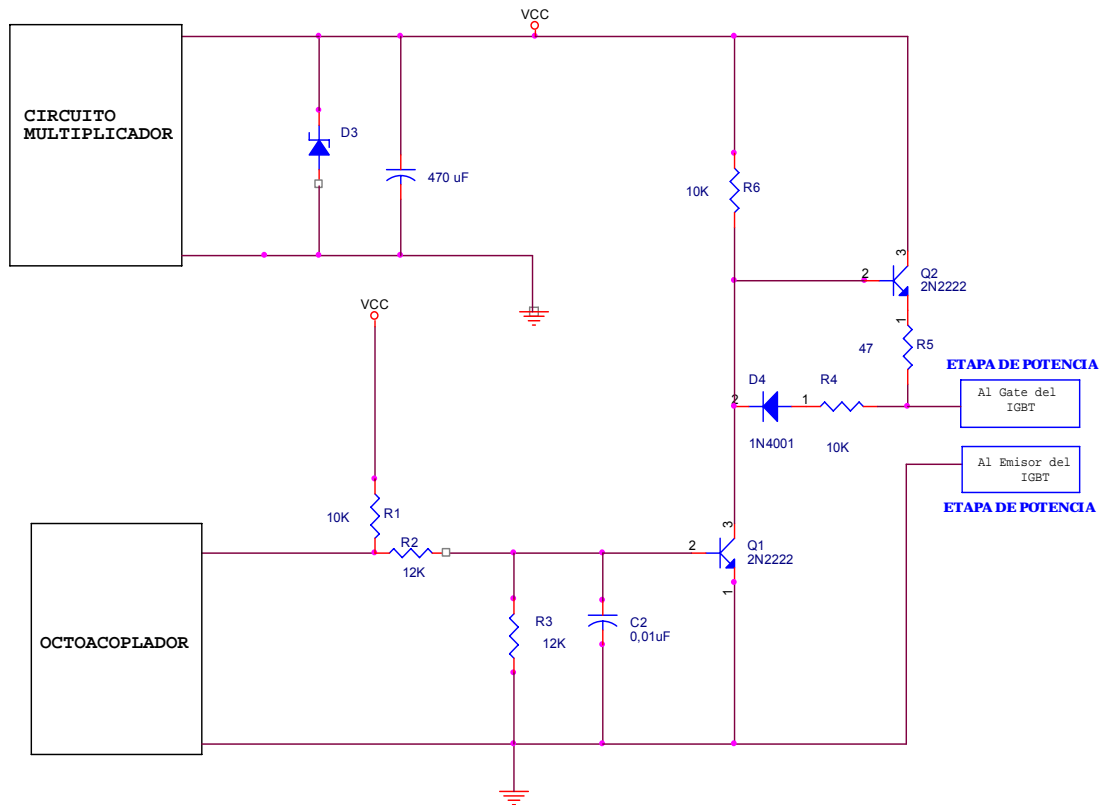
La corriente de salida IC (corriente de colector del fototransistor) es proporcional a la corriente de entrada IF (corriente en el diodo LED). La relación entre estas dos corrientes se llama "razón de transferencia de corriente" (CTR) y depende de la temperatura ambiente. A mayor temperatura ambiente, la corriente de colector en el fototransistor es mayor para la misma corriente IF (la corriente por el diodo LED).

La entrada (circuito del diodo) y la salida (circuito del fototransistor) están 100% aislados y la impedancia de entrada es muy grande (1013 ohms típico). El optoacoplador es un dispositivo sensible a la frecuencia y el CTR disminuye al aumentar ésta. Este elemento puede sustituir a elementos electromecánicos como relés, conmutadores.

### **2.2.4 El circuito de conmutación**

Finalmente la etapa de disparo consta de un circuito el cual se denomina de conmutación pues su función final es la de habilitar o deshabilitar los taps de la etapa de potencia, el esquema del circuito de conmutación se presenta en la figura 27.

Figura 27. Circuito de conmutación



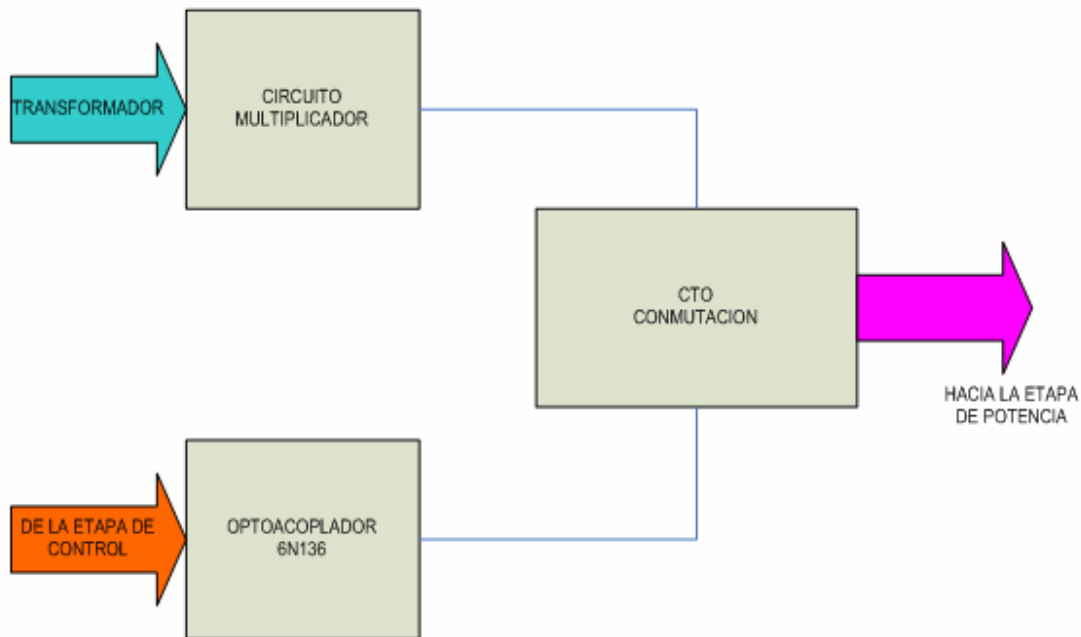
Fuente: Autores del proyecto

El funcionamiento de este circuito es simple, cuando el optoacoplador esta abierto Q1 conduce y al producirse esto Q2 no conducirá por lo tanto la puerta del IGBT en la etapa de potencia estará aterrizado, lo cual indica que no se produjo el disparo de habilitación para que la etapa de potencia entrara a funcionar.

Así mismo cuando el optoacoplador se cierra Q1 se aterriza y Q2 conduce por la señal que recibe del multiplicador en ese instante, la puerta del IGBT se energiza y éste entra en funcionamiento, es decir, que se produce la señal que habilita a la etapa de potencia.

El diagrama de bloques de la figura 28 muestra el funcionamiento del circuito de disparo.

Figura 28. Diagrama de bloques de la etapa de disparo.



Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en la figura 28 se tienen dos señales de alimentación una proveniente del transformador que alimenta el circuito multiplicador de tensión, y otra de la etapa de control que alimenta al optoacoplador, al estar habilitado el optoacoplador el circuito de conmutación habilitará la etapa de potencia y esta producirá una interrupción de tensión en el ESE. En cambio si el optoacoplador esta deshabilitado entonces el circuito de conmutación inhabilitará el tap correspondiente a esta entrada y por consiguiente, esta parte de la etapa de potencia no funcionará.

Como conclusión esta etapa es la encargada de habilitar los circuitos de la etapa de potencia por medio de cuatro elementos simples, que interactúan entre si y que son manejados por la etapa de control. La etapa de control garantiza que solo uno de los diez circuitos de disparo funcione en un instante de tiempo.

Para seguir un orden lógico en el desarrollo de este texto se considera adecuado continuar el análisis del equipo en su etapa de potencia. El análisis es similar al expuesto en las dos etapas anteriores y se tratará de desarrollar el tema de forma sencilla y concisa.

### **2.3 ETAPA DE POTENCIA**

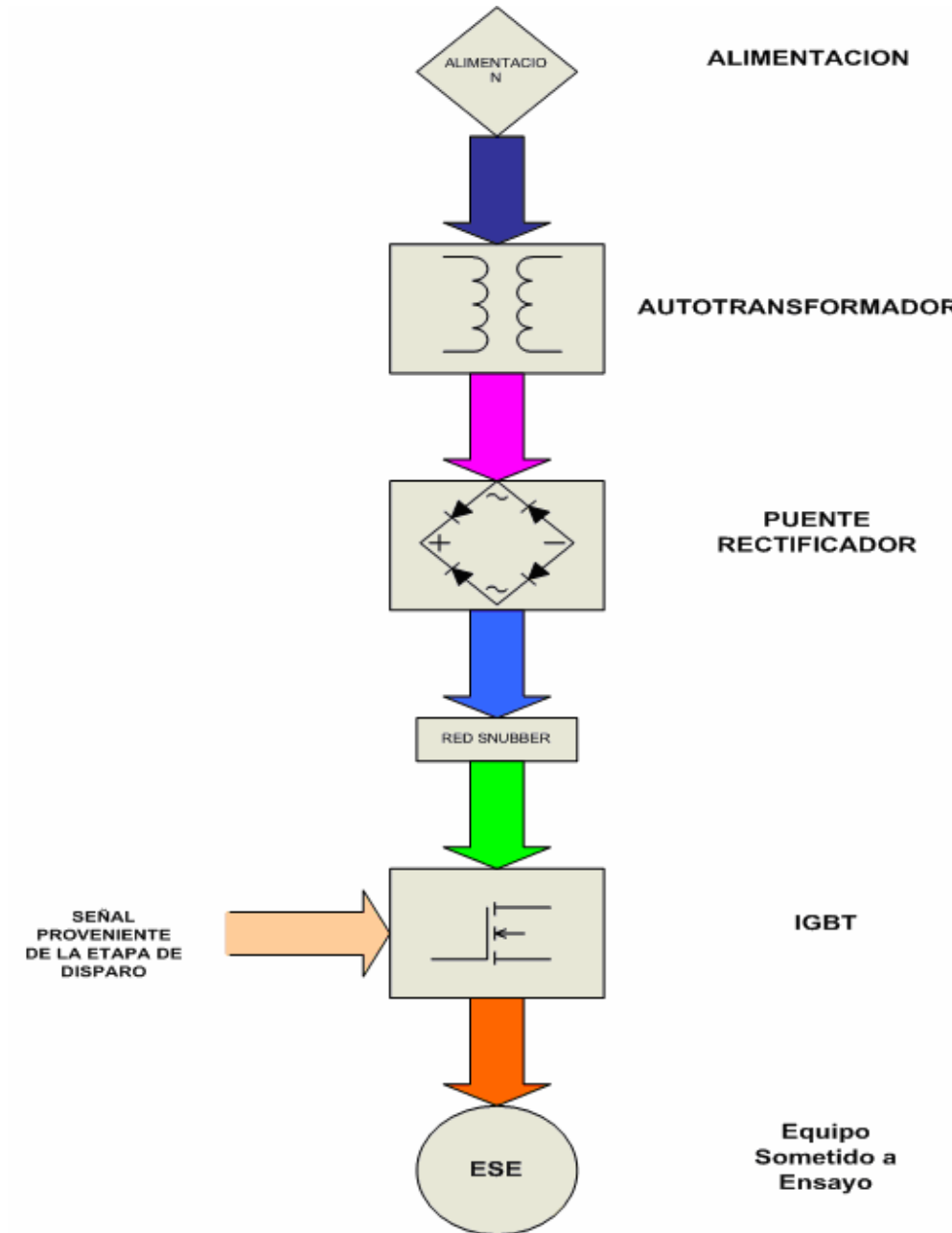
Esta etapa es la encargada de producir las perturbaciones en la señal que va a alimentar al ESE, consta de cuatro partes primordiales que son: el autotransformador, el puente rectificador, la red Snubber y el IGBT.

La etapa de potencia al igual que la de disparo consta de diez subcircuitos formados por un puente rectificador, una red Snubber y un IGBT, cada uno asignado a un TAP de salida del autotransformador y encargado de variar la señal en un porcentaje determinado de 0 a 100 %. Como se hizo en el numeral anterior se analizará un circuito de los diez, ya que todos son idénticos en su concepción y funcionamiento, lo único que varía es el nivel de salida de la señal que se le aplicara al ESE.

Es importante resaltar que la señal de habilitación de cada TAP es suministrada por la etapa de disparo a través de los IGBTs, garantizándose que en un determinado instante de tiempo solo estará en funcionamiento un TAP. Esto permite introducir cambios sucesivos para generar las perturbaciones que se establezcan, desde pequeñas interrupciones hasta caídas de tensión de duraciones definidas por el usuario, la forma de introducir los datos para programar el generador se analizaran posteriormente.

El diagrama de bloques de la etapa de potencia se muestra en la figura 29.

Figura 29. Diagrama de bloques de la etapa de potencia

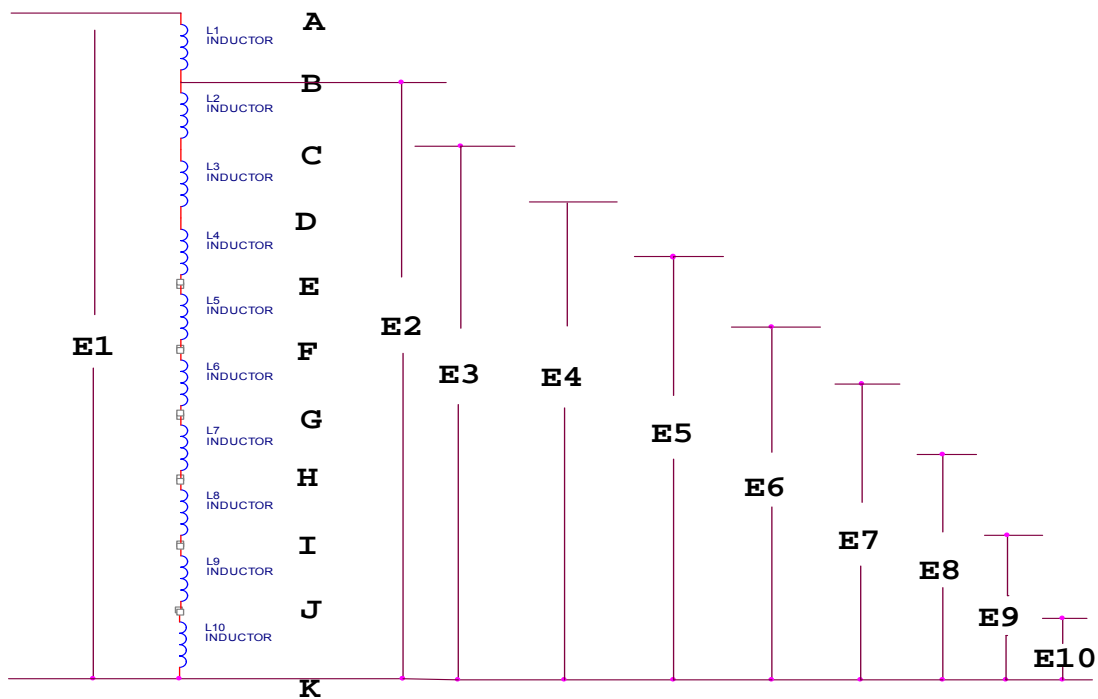


Fuente: Autores del proyecto

### 2.3.1 El autotransformador

La figura 30 muestra el esquema del autotransformador. Consta de un bobinado de extremos A y K, al cual se le han hecho derivaciones en los puntos intermedio B, C, D, E, F, G, H, I, J. Ilamándosele primario a la sección completa A K y secundarios a las porciones B K, C K, D K, E K, F K, G K, H K, I K, Y J K pero en la práctica puede ser a la inversa, cuando se desea elevar la tensión primaria.

Figura 30 Distribución del devanado del autotransformador



Fuente: Autores del proyecto

EL autotransformador tiene las siguientes ventajas sobre un transformador de las mismas características: menor tamaño, menor costo, mejor rendimiento, menor corriente magnetizante, mejor factor de potencia y mejor regulación de tensión.

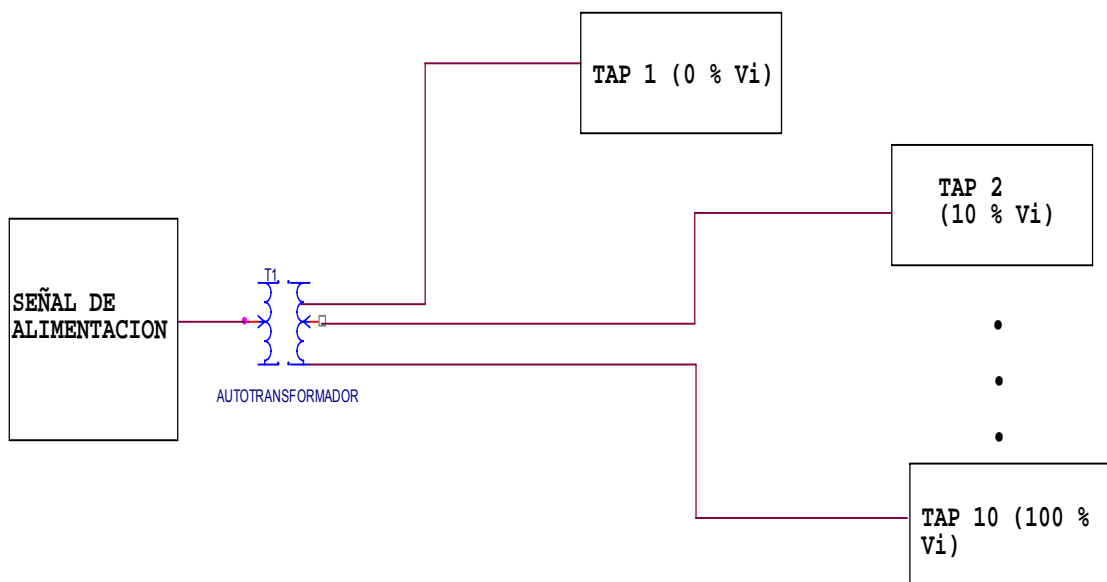
Los siguientes inconvenientes de un autotransformador son:

- 1.- Conexión eléctrica entre circuitos de alta y baja tensión (no existe aislamiento)
- 2.- Más elevadas corrientes de cortocircuito.

En el presente proyecto estas desventajas se tuvieron en cuenta en el diseño de la etapa de protecciones, la cual se describirá más adelante.

Como se observa en la figura 31, el autotransformador permite obtener los diferentes niveles de tensión para generar las diferentes perturbaciones que van desde caídas de tensión (0 % tensión de alimentación) hasta interrupciones que presenten cambios sucesivos en la tensión de alimentación.

Figura 31. Niveles de salida del autotransformador

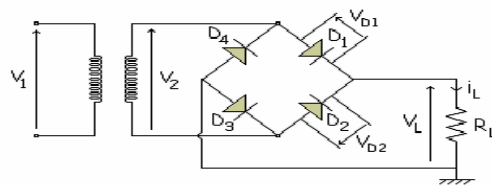


Fuente: Autores del proyecto

### 2.3.2 Puente rectificador (KBPC3510)

En la figura 32 se muestra el rectificador de onda completa utilizado.

Figura 32 Rectificador de onda completa

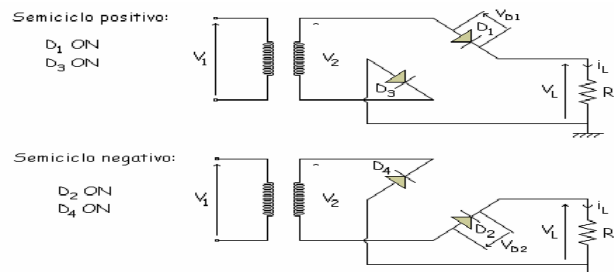


Fuente: Autores del proyecto

Se escogió la configuración del puente rectificador en lugar de dos diodos por que se elimina la necesidad de tener un transformador con tap central (ver figura 33).

Como muestra el diagrama de operación de un puente rectificador en el semiciclo positivo y negativo en la figura 33, su función dentro del circuito de potencia es la de tomar las señales transmitidas por el autotransformador en su TAP correspondiente y enviarla hacia el IGBT que de encontrarse habilitado permitiría el paso de dicha señal hacia el ESE.

Figura 33. Diagrama de operación de un puente rectificador en los semiciclos positivo y negativo.



Fuente: Autores del proyecto

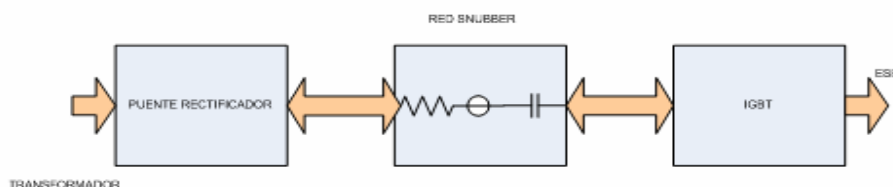
En la figura 33 se muestran los circuitos equivalentes en cada semiciclo de la señal de corriente alterna.

Para este trabajo se selecciono un puente rectificador empaquetado, el KBPC3510 que cumple con las especificaciones requeridas, especialmente la corriente que debe soporta. La corriente nominal de este puente es de 35 A, y el generador de caídas de tensión maneja corrientes hasta de 30 A. Además gracias a la utilización del puente rectificador el equipo puede generar perturbaciones de medio ciclo de onda, lo cual aumenta la funcionalidad del equipo y la variedad de perturbaciones que puede producir.

### 2.3.3 Red snubber

Las redes snubber se utilizan para proteger los elementos activos de conmutación (MOSFET, IGBT, TRIAC etc.) de las sobre tensiones producidas por una carga inductiva como muestra la figura 34. Al ser una red de protección esta se coloca en paralelo con el elemento de conmutación, además permite que los cambios de tensión en el ESE producidos al cambiar de TAP no sean totalmente instantáneos si no que por efectos de esta red se producen pequeñas pendientes de muy breve duración (microsegundos) que evitan este fenómeno que podría ser dañino para el generador y para el ESE.

Figura 34 Diagrama de bloques de la disposición de la red Snubber en la etapa de potencia.



Fuente: Autores del proyecto

Como conclusión se puede recalcar que la red Snubber es una red RC que se conecta en paralelo al IGBT en un circuito de conmutación, como una protección de los posibles cambios bruscos de pendiente de tensión (dv/dt). Es básicamente un circuito de frenado al apagado del IGBT, cuyo objetivo es amortiguar el efecto de una variación tensión / tiempo que en algún momento pudiera ser destructiva para el IGBT y por consiguiente para el generador y el ESE. Las principales ventajas de este circuito son su fácil implementación, bajo costo, gran funcionalidad y excelentes prestaciones en cuanto a protección de los IGBT se refiere.

Los valores empleados de Rs y Cs para la red Snubber implementada fueron de Cs = 0.47 µF y Rs = 600 Ω. Y se hallaron basándonos en la teoría del libro M.H. Rashid. Power Electronics Segunda Edición.

Tenemos que

$$C_s = \frac{I_{dc} * t_f}{3 * k_v * V_{dc}}$$

Del los valores manejados por el generador de caídas e interrupciones de tensión tenemos que:

$$I_{dc} = 35 \text{ A.}$$

$$T_f = 560 \text{ nS.}$$

$$K_v = 0.1$$

$$V_{dc} = 120 \text{ V}$$

Entonces reemplazando tenemos que:

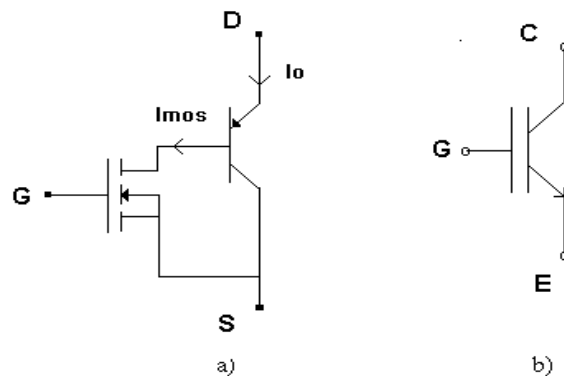
$$C_s = \frac{35A * 560ns}{3 * 0.1 * 120V} = 544,44nF = 0,54\mu F$$

Para el calculo de Rs tenemos que debe ser lo suficientemente pequeña para asegurar que Cs se descargue completamente durante el tiempo más corto en que el IGBT esté encendido. El tiempo más corto sería aproximadamente 5% del periodo, o sea  $(0.05)(1/60 \text{ Hz}) = 0,83 \text{ ms}$ . El valor de Rs debe cumplir con que  $3RsCs = 0,83 \text{ ms}$ . Así que Rs es aproximadamente  $512 \Omega$ .

### 2.3.4 EI IGBT IRG4PC40FD

El IGBT (Transistor bipolar de puerta aislada) es un dispositivo semiconductor de potencia híbrido que combina los atributos del TBJ y del MOSFET. Posee una compuerta tipo MOSFET y por consiguiente tiene una alta impedancia de entrada. La puerta maneja tensiones como el MOSFET. El símbolo más comúnmente utilizado se muestra en la figura 35. Al igual que el MOSFET de potencia, el IGBT no exhibe el fenómeno de ruptura secundario como el transistor bipolar.

Figura 35. Símbolos comúnmente usados para el IGBT



Fuente: Autores del proyecto

Las ventajas más importantes de los IGBT son:

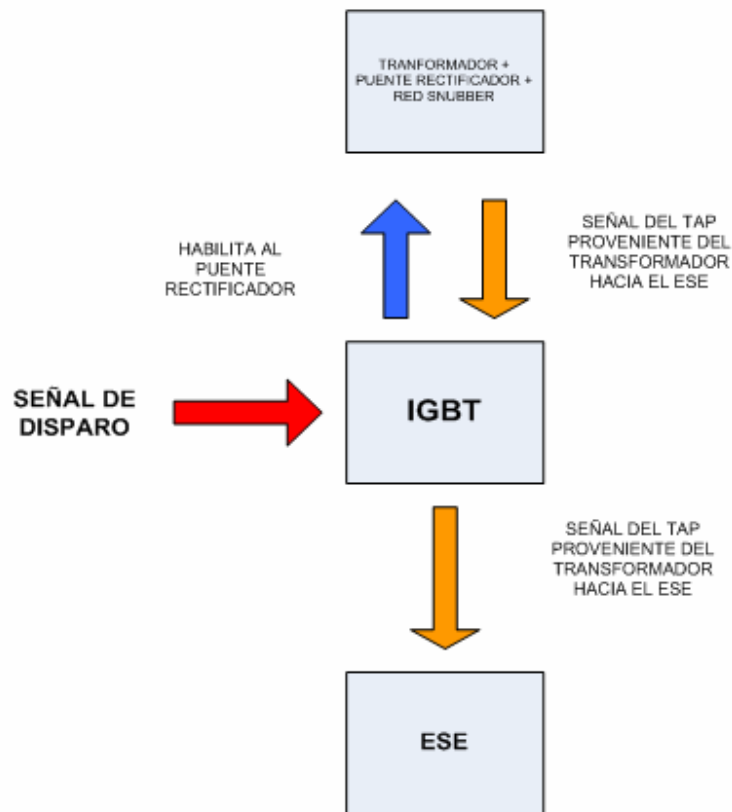
- Alta impedancia de entrada
- Se controlan por tensión
- Bajas pérdidas de potencia en conducción y conmutación
- No tienen ruptura secundaria
- Pueden trabajar con altas potencias y altas frecuencias

El IGBT escogido para esta aplicación fue el IRG4PC40FD y se selecciono por que soporta hasta 49 A en el drenador ( $i_D$ ) a 25°C y de 27 A a 100°C, cumpliendo así con las características de tensión, corriente y velocidad de conmutación, ya que el equipo en su etapa de potencia debe manejar corrientes máximas de 16 A.

Además como el generador diseñado es una aplicación de media potencia es más adecuado seleccionar un IGBT y no un CMOS.

En esta referencia de IGBT, el tiempo de conmutación ha sido mejorado, siendo tres veces mas rápido que sus competidores (en cuanto a velocidad de encendido y apagado). Otro aspecto que se considera en la selección del IRFP350 fue el hecho de que al retirar la señal de puerta el IGBT se deshabilita inmediatamente lo cual aísla el TAP al cual este asignado y permite la conmutación casi instantánea a otro valor de tensión permitiendo así generar una mayor cantidad de perturbaciones. En el caso de requerirse corrientes mayores sólo es necesario reemplazar los IGBT's por otros de mayor capacidad de corriente.

Figura 36. Diagrama de la función del IGBT dentro de la etapa de potencia

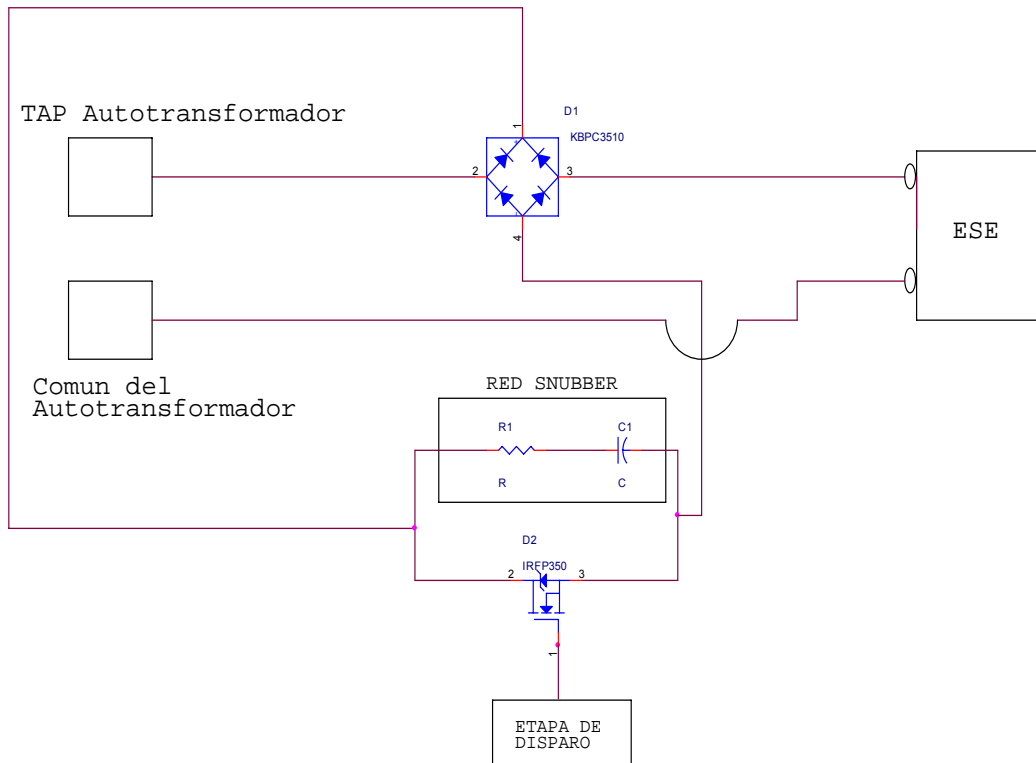


Fuente: Autores del proyecto

El diagrama de funcionamiento del IGBT se observa en la figura 36. Al recibir el IGBT la señal proveniente de la etapa de disparo en su puerta este entra en funcionamiento habilitando al puente rectificador, quien permitirá el paso de la señal de alimentación del autotransformador hacia el ESE.

Una vez descritos los componentes que forman parte de la etapa de potencia y su función individual solo resta mostrar el funcionamiento de uno de los diez circuitos que hacen parte de esta etapa. En la figura 37 se muestra la interconexión de todos los componentes de la etapa de potencia.

Figura 37. Circuito de la etapa de potencia.



Fuente: Autores del proyecto

El funcionamiento de esta etapa de potencia comienza cuando la señal proveniente de la etapa de disparo es introducida en la puerta del IGBT, éste a su vez habilita al puente rectificador, que permite el paso de la señal de tensión proveniente del tap del autotransformador ya sea en su ciclo negativo o positivo, de esta forma la perturbación es inyectada al ESE. La red snubber entra en funcionamiento al momento de cambiar de tap, al extinguirse el pulso de disparo de la puerta del IGBT, y entrar en funcionamiento otro tap diferente, las posibles sobre tensiones generadas en el tap que se acaba de deshabilitar son descargadas en la red RC (Snubber), evitando daños en el IGBT que acaba de apagarse. Una vez descrita la etapa de potencia, se continuará el análisis de las protecciones del generador de caídas de tensión.

## 2.4 ETAPA DE PROTECCIONES

El equipo diseñado en este proyecto es sensible a dos tipos de perturbaciones: corto circuitos y sobrecorrientes.

Un cortocircuito se produce cuando la resistencia de un circuito eléctrico es muy pequeña, provocando que el valor de la corriente que circula sea excesivamente grande, debido a esto se puede llegar a producir la rotura de la fuente o la destrucción de los cables. También se producirá un cortocircuito en una instalación eléctrica cuando haya una mala conexión entre dos conductores que se encuentren a distinto potencial. Un cortocircuito provoca un aumento de la corriente muy por encima del valor de la corriente nominal.

La sobrecorriente es cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra. Para proteger un sistema contra sobrecorrientes se utiliza un interruptor diferencial con protección de sobrecorrientes.

Para proteger el generador de estas fallas se utilizaron dos tipos diferentes de protecciones:

- Un fusible de acción rápida.
- Un interruptor diferencial con protección de sobrecorrientes (RCD).

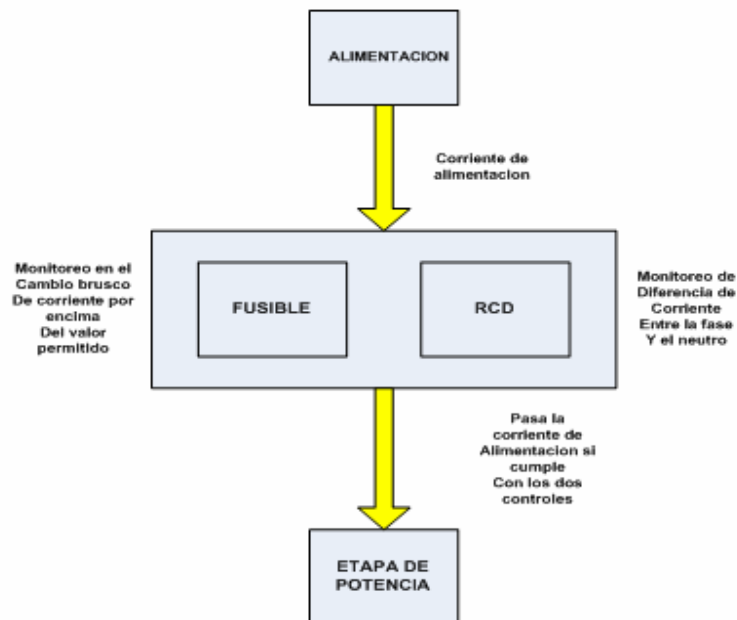
Las protecciones se seleccionaron teniendo en cuenta dos factores de gran importancia, la corriente que debe manejar el equipo y el costo de los equipos de protección. Teniendo en cuenta estos dos criterios se seleccionaron:

- Un fusible Wusley RT14-30 comercial cuyo corriente de activación es de 16 A.

- Un RCD Wusley C45N cuyo rango de corriente esta en 16 A y maneja una diferencia de disparo de 20 mA.

Estos elementos cumplen todas las necesidades establecidas y además presentan una excelente relación costo beneficio. En la figura 38 se muestra un diagrama de bloques donde se indica la ubicación de la etapa de protecciones en el equipo.

Figura 38. Diagrama del funcionamiento de la etapa de protecciones



Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en esta figura la corriente de alimentación fluye hacia la etapa de protecciones donde se realizan dos controles, uno por parte del fusible si la corriente excede el valor permitido este se dispara y desconecta el equipo de la alimentación. Si el nivel de corriente esta dentro del rango permitido el RCD verifica que no haya un desequilibrio en la corriente mayor al permitido de 20mA, de ocurrir esto también se desconectará automáticamente el equipo de la alimentación, protegiendo al operario, al generador y al ESE.

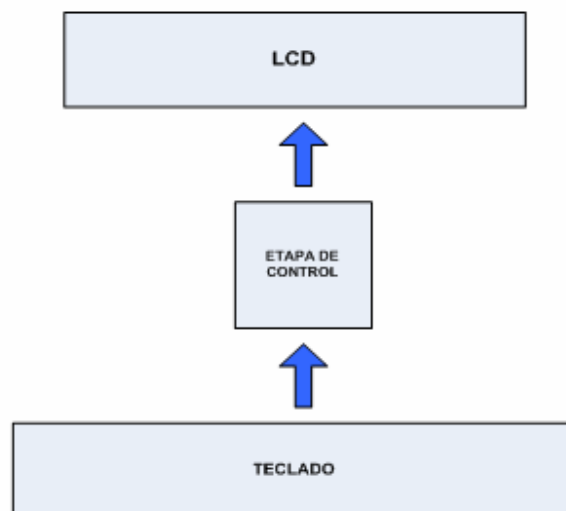
## 2.5 ETAPA DE INTERFAZ CON EL USUARIO

Como se observa en la figura 39 esta etapa consta de dos grandes partes:

- Visualizador (LCD)
- El Teclado (keypad)

El LCD es el encargado de mostrarle al usuario las opciones de programación de la etapa de control, y el teclado le permite al usuario desplazarse por estas opciones y elegir la programación requerida del generador. El diagrama de bloques de la figura 39 muestra la interacción entre estos dos periféricos y la etapa de control.

Figura 39. Diagrama de la interacción entre el LCD, el teclado y la etapa de control



Fuente: Autores del proyecto

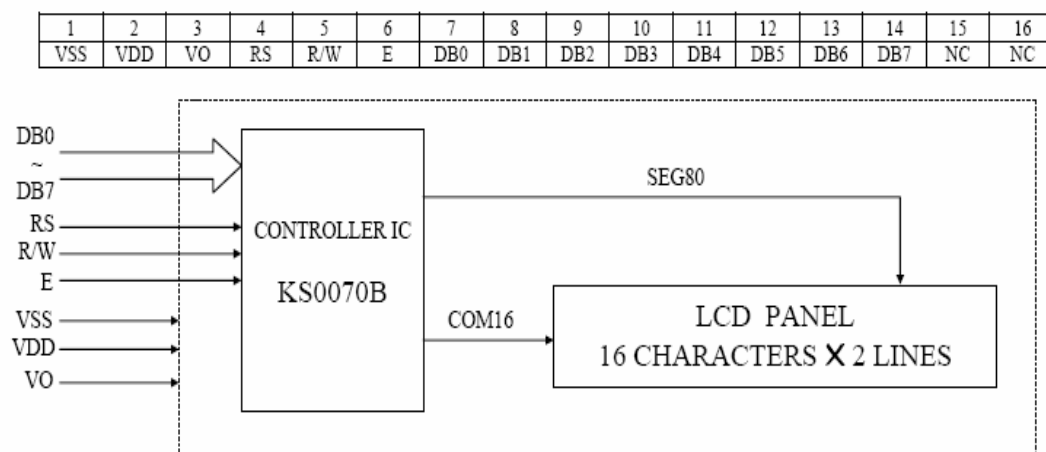
### 2.5.1 EI LCD (TRULY MTC-C162DPRN-2N)

LCD son las siglas en inglés de "Pantalla de Cristal Líquido" ("Liquid Crystal Display"). Se trata de un sistema eléctrico de presentación de datos formado por 2

capas conductoras transparentes y en medio un material especial cristalino (cristal líquido) que tienen la capacidad de orientar la luz a su paso. Cuando la corriente circula entre los electrodos transparentes con la forma a representar (por ejemplo, un segmento de un número) el material cristalino se reorienta alterando su transparencia<sup>14</sup>.

El tipo de LCD empleado en el proyecto es un LCD de texto por su bajo costo y facilidad de utilización. Este LCD permite visualizar mensajes cortos de texto. Existen algunos modelos normalizados en la industria, en función de su tamaño medido en número de líneas y columnas de texto. Hay modelos de una, dos y cuatro filas únicamente. El número de columnas típico es de ocho, dieciséis, veinte y cuarenta caracteres. Para este equipo se selecciono el LCD MTC-C162DPRN-2N marca TRULY, de 2 líneas con 16 caracteres por líneas que permite desplegar los menús de programación del generador y su costo es relativamente bajo. En la figura 40 se observa el diagrama de bloques del LCD elegido.

Figura 40. Diagrama de bloques del LCD MTC-C162DPRN-2N



Fuente: [info.hobbyengineering.com/specs/MTC-C162DPRN-2N-V10.pdf](http://info.hobbyengineering.com/specs/MTC-C162DPRN-2N-V10.pdf)

<sup>14</sup> [es.wikipedia.org/wiki/LCD](http://es.wikipedia.org/wiki/LCD)

Este visualizador cuenta con los siguientes interfaces eléctricos:

- **DB0-DB7**: ocho señales eléctricas que componen un bus de datos.
- **R/W**: una señal que indica si se desea leer o escribir en la pantalla (generalmente solamente se escribe).
- **RS**: una señal que indica si los datos presentes en DB0 - DB7 corresponden bien a una instrucción, bien a sus parámetros.
- **E**: una señal para activar o desactivar la pantalla.
- **V0**: señal eléctrica para determinar el contraste de la pantalla. Generalmente en el rango de cero a cinco volts. Cuando el voltaje es de cero volts se obtienen los puntos más oscuros.
- **VSS y VDD**: señales de alimentación. VDD es de 5 V la tensión. La señal VSS sirve para encender la luz trasera de la pantalla.

### 2.5.2 El teclado (JAMECO 196171CK)

El teclado es que permite navegar por las opciones de programación que aparecen en el visualizador, y elegir las interrupciones que se desean simular. Se eligió un teclado tipo keypad de 2 líneas con ocho caracteres por línea como el que se muestra en la figura 41.

Figura 41. Teclado utilizado en la construcción del generador.



Fuente: [www.allelectronics.com](http://www.allelectronics.com)

Como se observa en la figura 41, el teclado tiene 16 teclas distribuidas así:

- 10 numéricas del cero al nueve.
- Dos de desplazamiento para moverse por los menús hacia arriba y hacia abajo.
- Una tecla CLEAR que permite limpiar la pantalla en caso de error.
- Una tecla de ENTER que permite confirmar la selección de un menú.
- Una tecla de HELP que lanza al menú de ayuda.
- Una tecla de END que lanza al menú inicial.

Las razones de escogencia de este teclado fueron económicas y estéticas, pues ocupa menos espacio que los otros modelos, su aspecto es más atractivo y su costo es moderadamente bajo. Además de su acabado exterior hermético, lo cual lo protege del polvo y la humedad.

## CAPÍTULO 3

### 3.- PROGRAMACIÓN DE LAS PERTURBACIONES

El algoritmo que permite programar las perturbaciones y entrar en funcionamiento al equipo esta contenido en la memoria interna del microcontrolador PIC16F877; el programa completo del microcontrolador se encuentra en el Anexo D. En la figura 42 se muestra el diagrama de flujo del ambiente de programación, que permite entender como se programan las perturbaciones en el equipo.

El programa permite 3 modos de trabajo a saber:

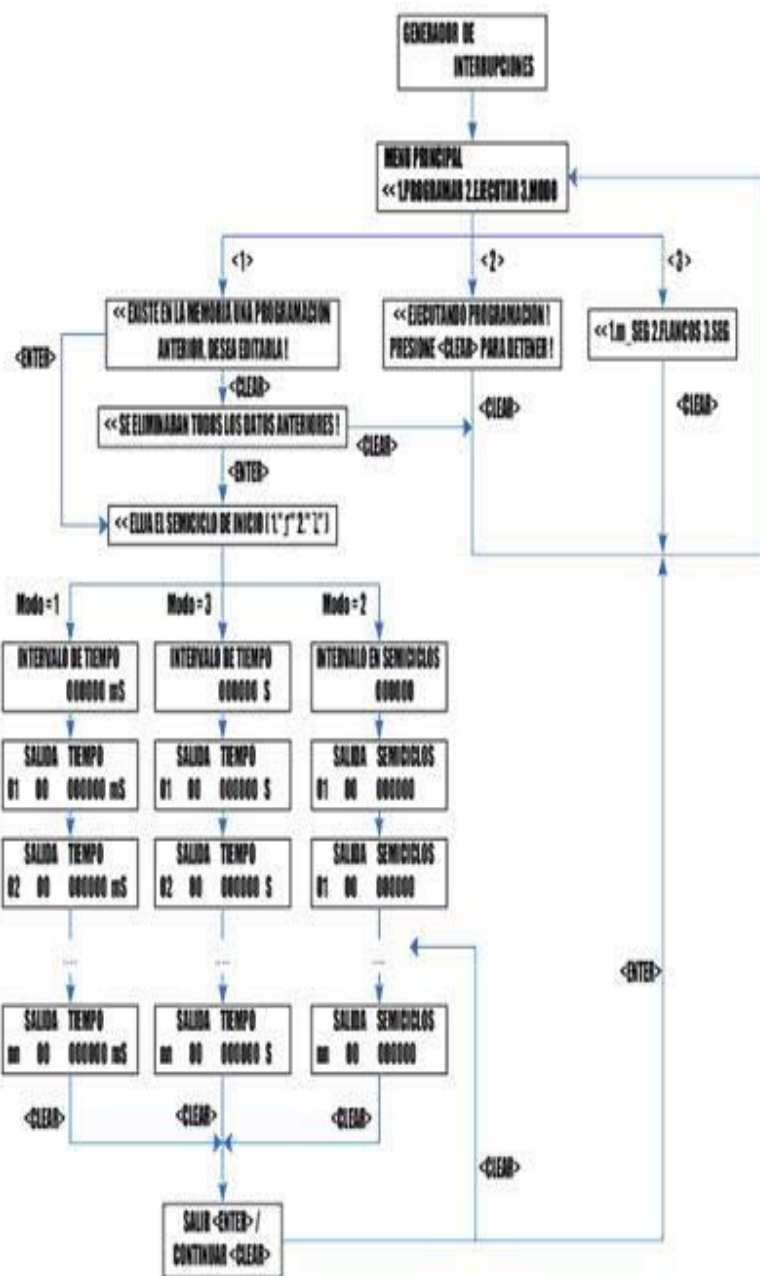
- Semiciclos: se establece la magnitud de la tensión de salida y la cantidad de semiciclos completos que se mantendrá activa, esto es posible gracias a un detector de cruce por cero que permite la sincronización de los eventos.
- Tiempo en milisegundos: permite programar la magnitud de la tensión de salida y el tiempo en milisegundos que se mantendrá activa.
- Tiempo en segundos: se programa la magnitud de la tensión de salida y el tiempo en segundos que se mantendrá activa.

Para todos los modos anteriores existe el mismo ambiente de programación la única diferencia se encuentra en las unidades de la duración (semiciclos, milisegundos, segundos).

La primera pantalla que aparece al encender el equipo tiene tres opciones:

- (1) Programar.
- (2) Ejecutar.
- (3) Modo.

Figura 42. Diagrama de flujo del ambiente de programación de interrupciones y caídas de tensión.



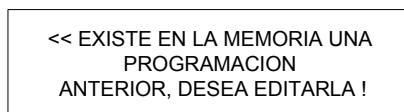
Fuente: Autores del proyecto

A continuación y teniendo en cuenta el diagrama de flujo de la figura 42 se explicará la forma como funciona el equipo.

### 3.1 (1) PROGRAMAR

Al oprimir la tecla 1 en el teclado se elige la opción programar y pasa a la siguiente pantalla (ver figura 43):

Figura 43 Segunda pantalla de la opción (1) programar

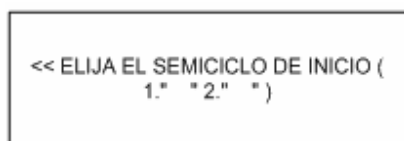


<< EXISTE EN LA MEMORIA UNA  
PROGRAMACION  
ANTERIOR, DESEA EDITARLA !

Fuente: Autores del proyecto

Si elige no borrar los datos de la memoria se oprime **ENTER** y se pasa a la pantalla de la figura 44 que permite elegir si la perturbación empieza en el flanco de subida o bajada de la señal, si se desea borrar los datos de la memoria se oprimirá **CLEAR** y entonces el sistema mostrará un mensaje de confirmación sobre la eliminación de los datos en la memoria (figura 45) para confirmar esta orden se oprimirá **ENTER** y el sistema pasara a la pantalla de la figura 46, si se oprimiera **CLEAR** el sistema volverá a la pantalla de inicio.

Figura 44 Pantalla de elección de flanco de inicio de la perturbación.



<< ELIJA EL SEMICICLO DE INICIO (  
1.\" 2.\" \*)

Fuente: Autores del proyecto

Teniendo en cuenta la pantalla mostrada en la figura 44 al oprimir 1 la perturbación comenzara a partir del flanco de subida de la señal, y al oprimir 2 la perturbación comenzara a partir del flanco de caída de la señal, y se pasara a la pantalla de programación de intervalos de duración de la perturbación y de cada tap del transformador (figura 46).

Figura 45 Pantalla de confirmación sobre la eliminación de datos en memoria



Fuente: Autores del proyecto

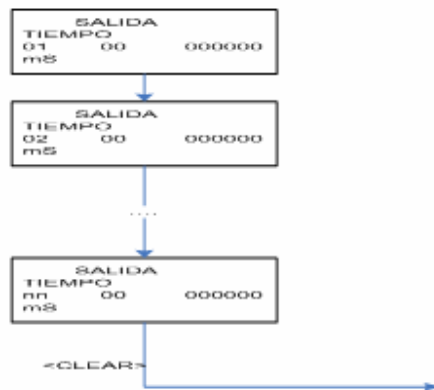
Figura 46 Pantalla de programación de intervalos de duración de la perturbación



Fuente: Autores del proyecto

En la figura 46 se muestran las 3 posibles pantallas que saldrían para programar la duración de la anomalía, la pantalla que se visualizara dependerá del modo de operación que se escoja, esto se explicara en la sección 3.3, en esta pantalla se procederá a anotar la duración de la anomalía ya sea en segundos, milisegundos o semiciclos y se oprimirá la tecla **CLEAR** dos veces lo cual permitirá continuar con la programación del tiempo de funcionamiento de cada tap del transformador (figura 47).

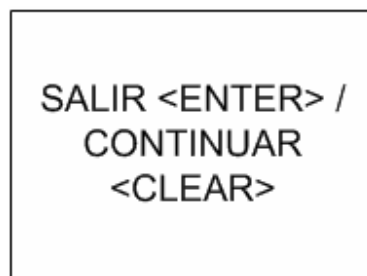
Figura 47 Programación del tiempo de funcionamiento de los taps del transformador



Fuente: Autores del proyecto

En esta etapa de la programación se introducirán las duraciones en tiempo o semiciclos de cada tap según sea el caso, seguido de la tecla **CLEAR**, en cada etapa al oprimir esta tecla se verá la siguiente pantalla (figura 48):

Figura 48 Pantalla de confirmación



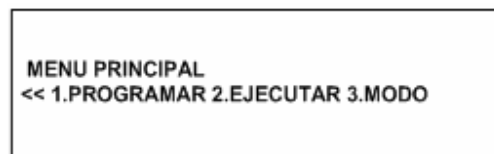
Fuente: Autores del proyecto

En esta pantalla denominada de confirmación se decidirá si ya se ha programado la totalidad de los taps deseados para generar la perturbación o si se desea continuar programando más taps, si se oprime la tecla **ENTER** se le esta diciendo

al sistema que la programación ha concluido y se están confirmando los datos, entonces el sistema ira a la pantalla de menú principal, en caso contrario al oprimir la tecla **CLEAR** se le esta indicando al sistema que se quiere programar otro tap y este permitirá continuar en el esquema de la figura 47.

### 3.2 (2) EJECUTAR

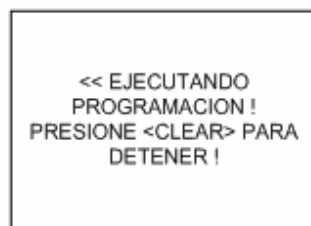
Figura 49 Pantalla del menú principal



Fuente: Autores del proyecto

Al oprimir el número 2 en la pantalla de menú principal (figura 49) se le está indicando al sistema que debe ejecutar el programa con los datos almacenados en la memoria (la perturbación programada previamente), y mostrará la siguiente pantalla (figura 50):

Figura 50 Pantalla del programa en ejecución



Fuente: Autores del proyecto

La forma de detener la ejecución del programa y regresar al menú principal es oprimir la tecla **CLEAR**.

### 3.3 (3) MODO

Al oprimir el número 3 en el menú principal (figura 49) el sistema permitirá ingresar a la pantalla donde se puede escoger el modo de operación del equipo, como se dijo anteriormente el sistema genera las perturbaciones de tres formas distintas:

- Semiciclos
- Tiempo en segundos
- Tiempo en milisegundos

En ese instante el sistema mostrará la pantalla de la figura 51.

Figura 51 Pantalla modos de operación



Fuente: Autores del proyecto

Al oprimir la tecla 1, se está eligiendo el modo de operación en milisegundos, la tecla 2 permite elegir el modo de operación en semiciclos y la tecla 3 permite operar el equipo en segundos, para confirmar la opción deseada y regresar al menú principal se debe oprimir la tecla CLEAR después de realizar la elección.

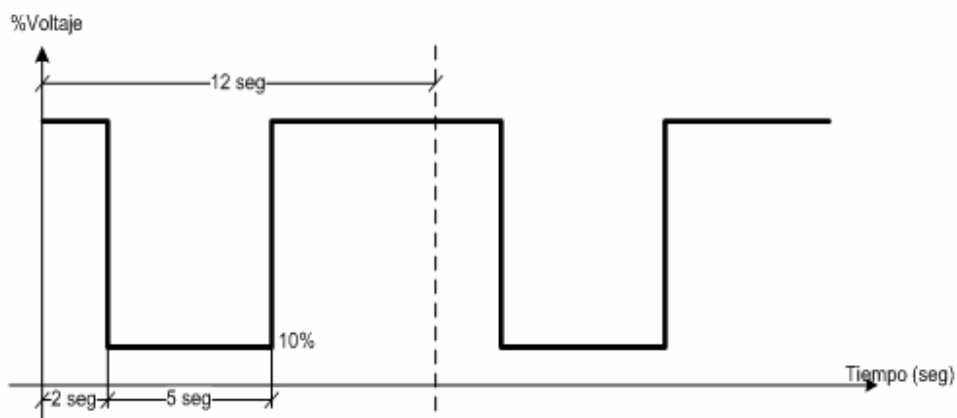
### 3.4 EJEMPLO DE PROGRAMACIÓN DEL EQUIPO

Con el siguiente ejemplo se mostrará la facilidad, sencillez y rapidez con que se puede programar cualquier tipo de perturbación deseada con el generador de caídas e interrupciones de tensión.

Para tener una mayor claridad sobre la programación del equipo se procederá a programar una falla del tipo rectangular empleando dos salidas diferentes de

tensión (100%, 10%) con intervalo de 12 segundos, y duración de la falla (10%) de 5 segundos a manera de ejemplo siguiendo los pasos y teclas que se deberían oprimir para producir esta perturbación. En la figura 52 se muestra el evento que se desea programar.

Figura 52. Diagrama de tiempos de la falla para el ejemplo



Fuente: Autores del proyecto

### Solución:

Las salidas a utilizar son la 10 (100%) y la 1 (10%)

1. Elija la opción <3> en el menú principal
2. Luego programe el Modo: 3; ( segundos) presionando <3>
3. De nuevo en el menú principal elija la opción <1> ( Programar )
4. Presione <CLEAR> y luego <ENTER> seguidamente ( con esto borrará la programación anterior e iniciará una nueva )
5. Elija el flanco de inicio: flanco ascendente <1>;
6. Programe secuencialmente el intervalo y las dos salidas de forma que vea usted lo mismo que en la figura 53.

Figura 53. Programación de la falla



Fuente: Autores del proyecto

7. Una vez introducida la duración del ultimo paso, presione **<CLEAR>** seguido de **<ENTER>** y con esto ha terminado la programación.
8. Al momento de querer ejecutar la programación simplemente presione **<2>** en el menú principal.

En la tabla 3 se enuncian los valores de las magnitudes de tensión correspondientes a cada TAP en porcentaje.

Tabla 3 Magnitud de la tensión (%) correspondiente a cada TAP.

NUMERO DE TAP	MAGNITUD DE LA TENSION (%)
1	0
2	16
3	25
4	36
5	41
6	100
7	94
8	89
9	72
10	0

Fuente: Autores del Proyecto.

## CAPÍTULO 4

### 4. EQUIPO CONSTRUIDO Y PRUEBAS REALIZADAS

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos con la realización de este proyecto, es decir el generador de interrupciones y caídas de tensión diseñado en este trabajo de grado así como las pruebas que se realizaron para comprobar su funcionamiento.

#### 4.1. GENERADOR DE INTERRUPCIONES Y CAÍDAS DE TENSIÓN CONSTRUIDO

Las especificaciones del generador son las siguientes:

- Tensión de alimentación  $115\text{VAC} \pm 10\%$
- Corriente máxima de salida 16A
- Diez (10) posibles tensiones de salida no reguladas y programables: 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.
- Dimensiones 70x50x35cms
- Tensión máxima de salida 120VAC

En la figura 54 se muestra una vista frontal del cofre utilizado para contener los componentes del generador.

Figura 54 Vista frontal del generador

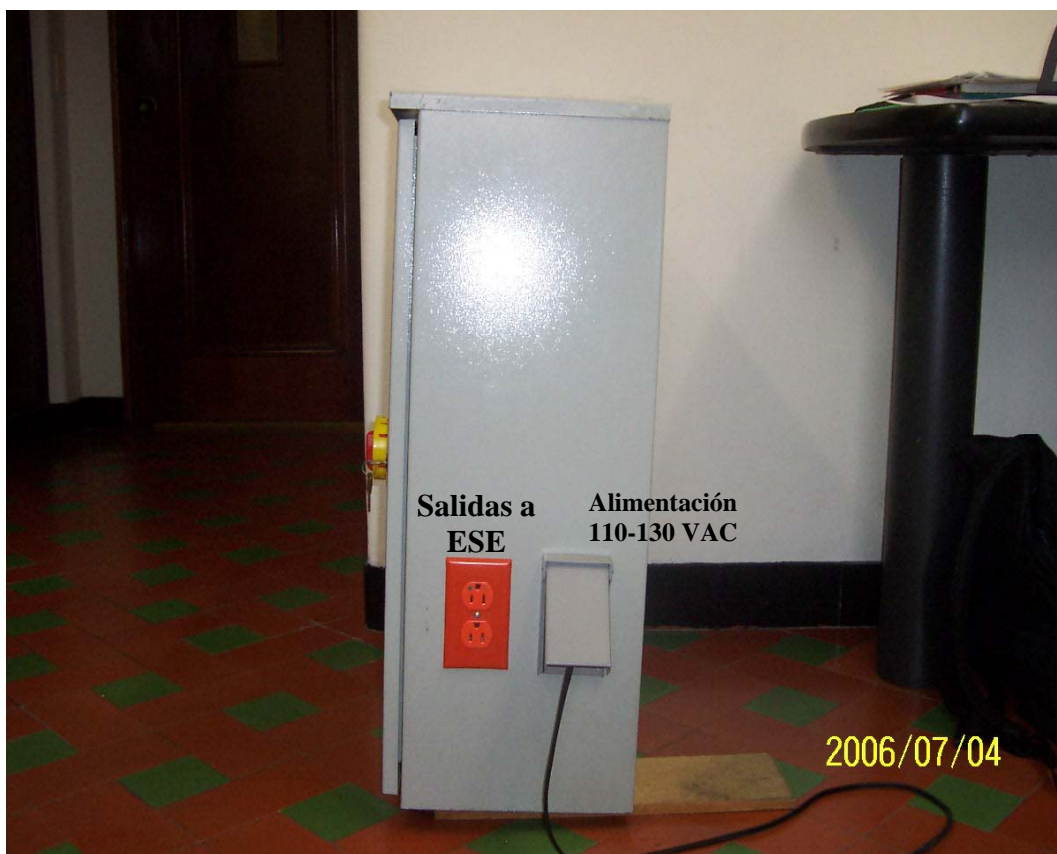


Fuente: autores del proyecto.

En la vista frontal de equipo se observa la etapa de interfaz con el usuario compuesta por el teclado, la pantalla, así como el interruptor de encendido y la cerradura que permite el acceso al interior del equipo.

La figura 55 muestra una vista lateral derecha del generador donde se puede observar los conectores de alimentación del generador (tapa gris) y de los equipos sometidos a ensayo (hasta dos, conector naranja).

Figura 55 Vista lateral derecha del generador



Fuente: Autores del proyecto

La vista lateral izquierda del generador (figura 56) permite ver el sistema de enfriamiento instalado para mantener las tarjetas internas dentro de los rangos de temperatura óptimos de funcionamiento y evitar sobrecalentamiento, sobretodo en los IGBT y los puentes rectificadores.

Figura 56 Vista lateral izquierda del generador

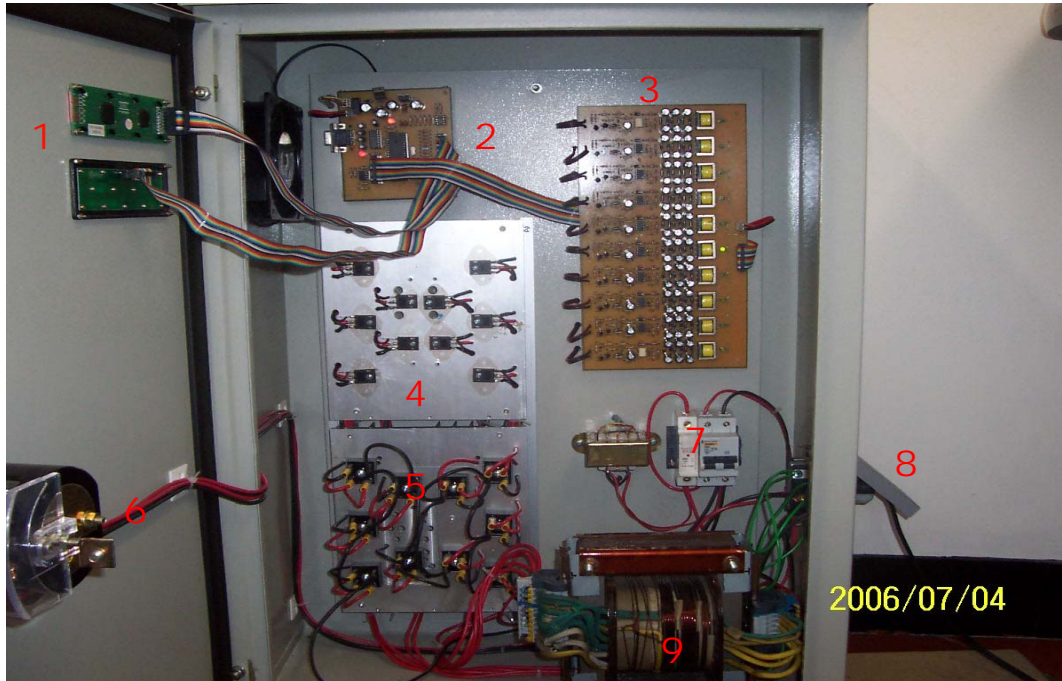


Fuente: Autores del proyecto

El sistema de enfriamiento de los IGBT y los puentes recitadores se complementa con disipadores de calor. De la forma en que están colocados los componentes sobre estos, se referenciará posteriormente.

El interior del generador se puede apreciar en la figura 57:

Figura 57 vista interior del generador



Fuente: Autores del proyecto

El listado de los componentes del equipo se muestra en la tabla 4.

Tabla 4 Componentes de la figura 57

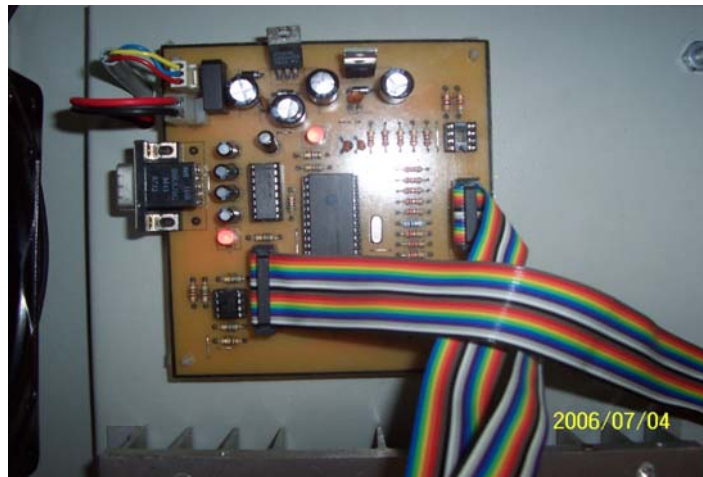
1	Display y teclado
2	Tarjeta de control
3	Circuitos de disparo
4	IGBT`s
5	Puentes rectificadores de potencia
6	Interruptor principal de clavija
7	Protecciones
8	Puertos de entrada y salida
9	Autotransformador

Fuente: Autores del proyecto

En la vista interior del generador (figura 57) se pueden observar las diferentes etapas que componen el generador y que se explicaron en los capítulos anteriores, así como el cableado entre etapas, el cofre posee un doble fondo el cual fue de gran utilidad para ocultar gran parte del cableado por motivos netamente estéticos. También se puede ver claramente que la distribución dentro del cofre es la adecuada y que en ninguna parte del mismo se encuentra sobrecarga de componentes. En la siguiente serie de fotografías se mostraran primeros planos de cada uno de los componentes para observar mejor su cableado y distribución dentro del cofre. Todo el cableado esta debidamente marcado para facilitar la instalación y la reparación del equipo según sea el caso.

La figura 58 muestra la distribución de los elementos de la etapa de control (el PCB de la tarjeta de control se puede observar en el Anexo E), cuyo principal componente es el microcontrolador, se observa así mismo los cable de conexión con las etapas de interfaz con el usuario y de disparo.

Figura 58 Distribución de la etapa de control



Fuente: Autores del proyecto

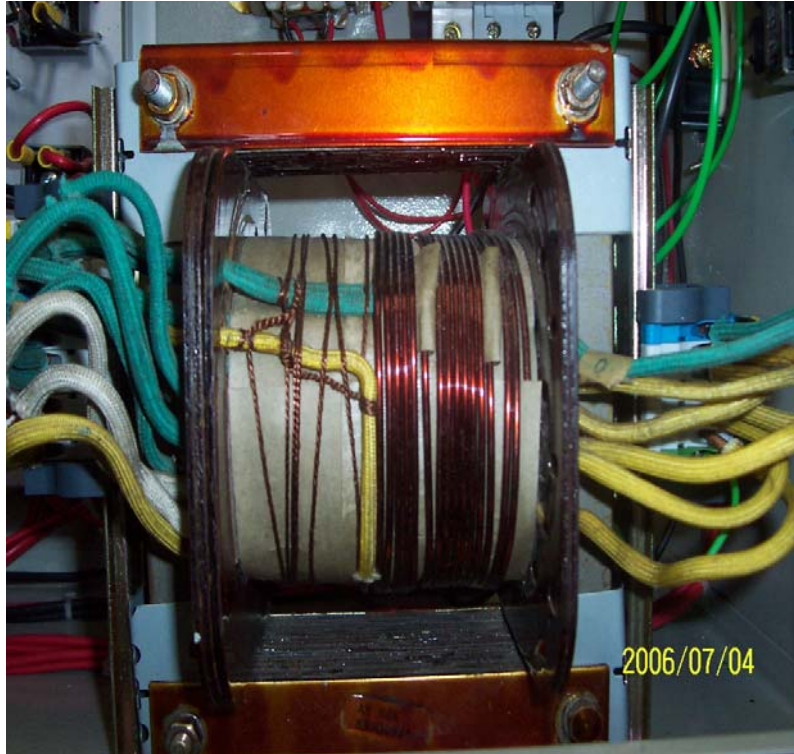
Figura 59 Configuración de la etapa de disparo



Fuente: Autores del Proyecto

La figura 59 muestra la tarjeta de control de disparo cuyo PCB puede observarse en el Anexo F, compuesta por diez circuitos encargados de activar los “taps” del transformador. El cableado de esta tarjeta con la etapa de potencia fue colocado a través del doble fondo del cofre. Para mostrar la etapa de potencia se realizaron fotografías de sus diferentes componentes, es así como la figura 60 muestra el autotransformador empleado y sus diferentes conexiones hacia la etapa de control de disparo y las protecciones.

Figura 60 Estructura del autotransformador



Fuente: Autores del proyecto

El primer plano de los puentes rectificadores (figura 61) permite apreciar su distribución sobre un disipador de calor, cuya función es evitar que estos se sobrecalienten debido a las altas corrientes que maneja el equipo. La ubicación de los mismos se hizo de esa manera para que los puentes tengan mayor área de disipación cada uno.

Figure 61 Distribución de los puentes rectificadores



Fuente: Autores del proyecto

Finalmente la fotografía de los IGBT (figura 62) permite ver su disposición en el disipador de calor y las conexiones de estos hacia los puentes rectificadores.

Figura 62 Distribución de los IGBT



Fuente: Autores del proyecto

Como se observa en la figura 62 cada IGBT esta atornillado al disipador de calor sobre una lamina de acetato que impide el contacto directo de este con el disipador y sirviendo de aislamiento para el IGBT permitiendo así un adecuado funcionamiento. Al igual que los puentes, los IGBT's fueron distribuidos dentro del disipador para que cada uno tenga una mayor área de disipación.

La figura 63 muestra la etapa de interfaz con el usuario en la cual se observa en la pantalla el menú principal del equipo ya que este se encontraba funcionando en el momento de realizar la fotografía.

Figura 63 Visualizador y teclado



Fuente: Autores del proyecto.

Finalmente la figura 64 muestra las protecciones que se instalaron en el equipo.

Figura 64 Protecciones del equipo



Fuente: Autores del proyecto

En la parte izquierda de la imagen se observa la protección de cortocircuito (fusible) y a su derecha la protección de sobrecorriente así como el cableado que lo acopla al equipo.

#### **4.2. PRUEBAS REALIZADAS AL EQUIPO**

Para comprobar el adecuado funcionamiento del equipo elaborado en este proyecto de grado se emplearon dos tipos de pruebas, una de detección por medio de la utilización de un detector de interrupciones y caídas de tensión (HUCOM Vr1.3) realizado por Ing. MIE Miguel Ángel Ángel Silva (director de proyecto) y otra de visualización de los eventos generados para lo cual se utilizó un osciloscopio digital FLUKE 105, facilitado en los laboratorios de la escuela.

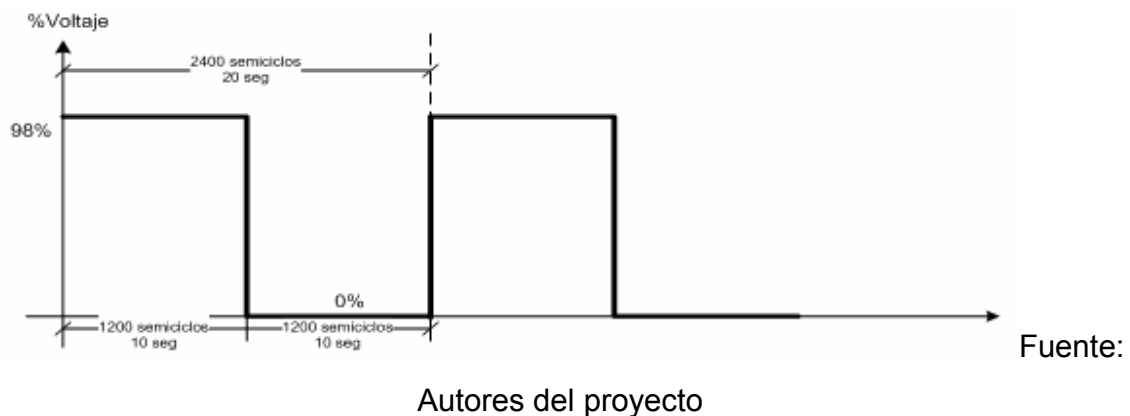
#### 4.2.1 Pruebas de detección realizadas

Para estas pruebas se especificaron una serie de perturbaciones que se programaron en el equipo para que las generara. En este capítulo se mostrará una de las pruebas realizadas. El listado completo de las pruebas seleccionadas, su programación y los resultados obtenidos con el detector de huecos de tensión HUCOM Vr1.3 se describen en el anexo G.

##### 4.2.1.1 Generación de una falla rectangular de 2400 semiciclos de periodo y duración de 1200 semiciclos.

Para este tipo de falla programada se espera que el equipo registre por igual en cantidad tanto huecos como interrupciones y la duración aproximada de ambos fenómenos sea aproximadamente igual. Esta prueba se realizó con una carga de 8 A.

Figura 65. Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 2400 semiciclos de periodo.



En resumen se programa lo siguiente:

- Duración de la falla: 1200 semiciclos es decir 10 segundos.
- Intervalo entre fallas: 2400 semiciclos es decir 20 segundos.

El generador de interrupciones y caídas de tensión se programa de la siguiente manera:

Modo de operación: Semiciclos

Periodo: 2400 Semiciclos

La tabla 5 resume la programación realizada.

Tabla 5 Programación del generador

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	1200	98%
02	00	1200	0%

Fuente: Autores del proyecto

Fecha inicial de mediciones: 2006-06-21 17:03:05

Los huecos de tensión se programaron así:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 10%

Tabla 6 Información de los huecos detectados

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	177	177	177
Duración Total	29,3276 minutos	29,329 minutos	29,3287 minutos
Duración promedio	9,941 s	9,942 s	9,941 s
Desviación de la duración respecto al ideal (10seg)	-0,58%	-0,58%	-0,58%
Intervalo promedio entre fallas	19,95s	19,95s	19,95s
Desviación del intervalo respecto al ideal (20seg)	-0,25%	-0,25%	-0,25%

Fuente: Autores del proyecto

Información de las interrupciones programadas:

- Tiempo mínimo: 1 s.
- Tiempo mínimo de restitución: 1 s.
- Porcentaje mínimo: 10%
- Porcentaje máximo: 90%

Tabla 7 Información acerca de las interrupciones detectadas

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	177	177	177
Duración Total	29,08 minutos	29,08 minutos	29,08 minutos
Duración promedio	9,860s	9,859s	9,860s
Desviación de la duración respecto al ideal (10seg)	-1,4%	-1,41%	-1,4%
Intervalo promedio entre fallas	19,95s	19,95s	19,95s
Desviación del intervalo respecto al ideal (20seg)	-0.25%	-0.25%	-0.25%

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 8 uso de la memoria del HUCOM Vr 1.3

	Fase R	Fase S	Fase T
Huecos	1593bytes	1593bytes	1593bytes
Interrupciones	1593bytes	1593bytes	1593bytes

Fuente: Autores del Proyecto

Los resultado obtenidos permiten establecer que:

- La cantidad de interrupciones y de huecos capturados fue igual, 177 huecos en cada fase y 177 interrupciones, por lo tanto cumple con el criterio de captura esperado, error del 0%.

- El error en la duración del evento muestra un valor muy bajo con respecto al valor ideal de 10 segundos: -1,4% para las interrupciones y -0,58% para los huecos.
- El intervalo entre fallas idealmente de 20 segundos registra un valor de error igualmente bajo: -0,25% tanto para interrupciones como para los huecos de tensión.

Los datos captados por el HUCOM Vr1.3 para esta prueba están en el anexo G1.

Tras el análisis de las demás pruebas consignadas en el anexo G podemos concluir que el equipo se comportó adecuadamente generando las interrupciones y caídas de tensión programadas, además al variar la carga se comportó de la misma manera, mostrando su versatilidad y su buen desempeño.

#### **4.2.2 Pruebas de comprobación de las formas de onda**

Durante estas pruebas se programo al generador de caídas e interrupciones de tensión con diferentes perturbaciones, y se visualizo las ondas de salida mediante la utilización de un osciloscopio FLUKE 105.

Las pruebas realizadas se describen en el anexo H. En este apartado se detallara una de ellas y se extraerán las conclusiones generales de las pruebas realizadas.

##### **4.2.2.1 Prueba número uno**

En esta prueba el generador se encontraba operando con una carga de 8 A y se programa de la siguiente manera:

- Modo de operación: milisegundos
- Periodo: 238 milisegundos

Tabla 9 programación de las salidas activas del generador

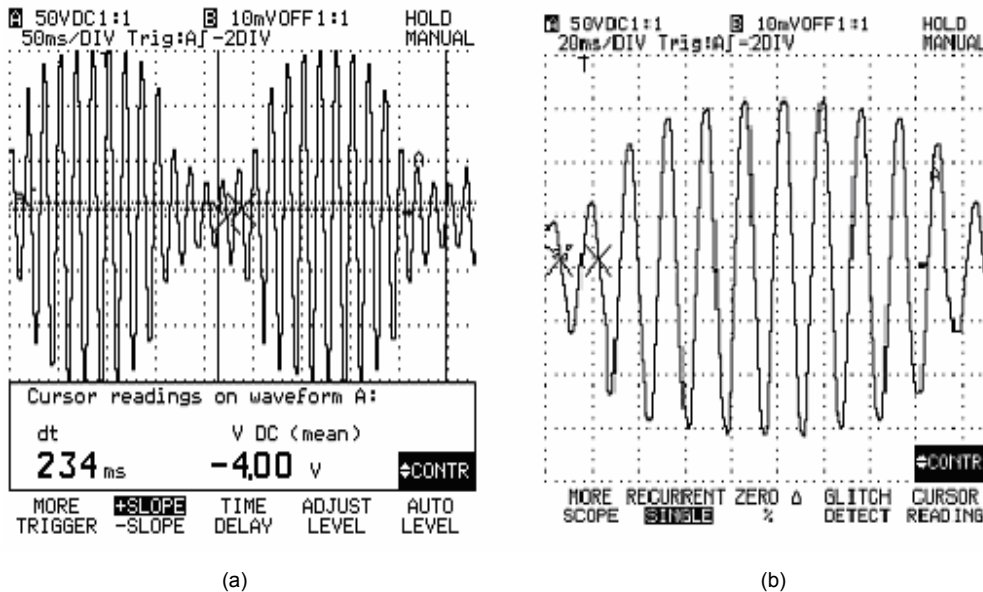
Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	17	100%
02	07	17	94%
03	08	17	89%
04	09	17	72%
05	04	17	36%
06	03	17	25%
07	02	34	16%
08	03	17	25%
09	04	17	36%
10	09	17	72%
11	08	17	89%
12	07	17	94%
13	06	17	100%

Fuente: Autores del proyecto.

Esta prueba se realizó para demostrar que el generador puede producir cualquier tipo de anomalía y además cada tap puede funcionar durante el tiempo que se estime necesario, para comodidad en la observación de los resultados se programó el equipo de tal forma que la señal de salida fue decreciendo hasta un valor de 25 % y luego recuperara su intensidad de manera paulatina hasta llegar

de nuevo a 100% de intensidad. Las capturas realizadas para esta prueba se encuentran en la figura 66.

Figura 66 Captura de la señal de salida del generador



Fuente: Autores del proyecto

En la figura 66(a) se puede observar que el periodo para una anomalía es de 234 milisegundos, lo cual nos da un error de 1,68 %, además se observa que el equipo trabaja de manera continua, en la figura 66(b) se ve en detalle la anomalía, y se ven con claridad los tiempos de operación de cada tap del generador. Cabe resaltar que estas formas de onda, son tensiones de servicio monofasico con una capacidad de salida en cualquier TAP de 16(A).

Después de analizar los resultados obtenidos en las diferentes pruebas de visualización realizadas al equipo, con diferentes cargas aplicadas, taps en funcionamiento y durante periodos variables de tiempo, se concluye que a pesar

de variar la carga el equipo no recibe distorsiones que influya en las perturbaciones programadas.

El equipo permite generar una gran variedad de perturbaciones, y a futuro se podría ampliar el numero de estas, pues el generador cuenta con gran cantidad de TAPs libres, que permitirían mediante la inclusión de nuevas tarjetas de disparo e IGBT's, realizar esta mejora. Otras de las ventajas que posee el equipo es la posibilidad de generar perturbaciones de medio ciclo de onda ya sea positivo o negativo, esto gracias a la presencia de los puentes rectificadores y el circuito detector de cruce por cero.

## CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones más relevantes de este proyecto de grado, resaltando los aportes del mismo al estudio de las interrupciones y caídas de tensión.

- Se estudiaron las características comunes en las caídas e interrupciones de tensión, obteniéndose una clasificación completa a partir de éstas. Esta clasificación depende del punto de la falla, de los parámetros y la configuración del sistema.
- Se cumplieron con las recomendaciones CEI 61000-4-1 y 61000-4-11 acerca de las características principales que debe tener un generador de caídas e interrupciones para su óptimo y seguro funcionamiento sin comprometer la seguridad del usuario o del ESE (Equipo Sometido a Ensayo).
- Al haber construido el generador en módulos (tarjetas individuales), contar con gran cantidad de taps sobrantes en el autotransformador y poseer espacio libre dentro del cofre es posible aumentar el número de salidas activas (actualmente 10) y así aumentar el número de posible perturbaciones que se pueden generar en el equipo sin necesidad de tener que construir uno nuevo, solo agregando nuevas tarjetas y adecuándolas de manera sencilla al equipo actual.
- El generador desarrollado en el presente trabajo de grado ofrece una muy baja distorsión armónica, alta capacidad de regulación en tensión, protección contra cortocircuitos en la salida y un manejo de potencia adecuado.

- Mediante la instalación de una memoria externa en la etapa de control se evita que por fallos en el microcontrolador (PIC16F877) o en la tarjeta de control se sufriera la pérdida del programa o de los datos de programación. Esto se evita porque en el arranque del generador estos datos son transmitidos de la memoria externa hacia el microcontrolador y en el momento de ejecutar el programa este hace una copia de seguridad de los últimos datos programados en la memoria externa, optimizando así el desempeño del generador de interrupciones y caídas de tensión.
- El generador de interrupciones y caídas de tensión cumple con las recomendaciones establecidas por la CEI 61000-4-1 y 61000-4-11 y por tanto a futuro puede emplearse para la realización de pruebas de susceptibilidad de equipos electrónicos que recomiendan estas normas.
- Cada una de las protecciones empleadas en el equipo demostraron ser bastante efectivas, de fácil comprensión e implementación; cada una de ellas separadamente (sobrecorriente y cortocircuito) son por si solas suficientes; pero en conjunto mejoran su desempeño y ofrecen la mayor confiabilidad contra cualesquiera falla posible.
- Se comprobó el buen desempeño del equipo en aplicaciones de alta y media potencia, observándose claramente en las pruebas que los tiempos de conmutación fueron óptimos y los errores entre los periodos programados y los capturados en las anomalías fueron menores al 2 % y en algunos casos del 0 %. Corroborando conocimientos adquiridos en electrónica de potencia.
- En las pruebas de detección se comprobó el funcionamiento óptimo del generador, ya que gracias a la ayuda del detector de caídas e interrupciones de tensión HUCOM Vr1.3 y el osciloscopio digital FLUKE 105 se pudo

constatar que al programar las fallas este las producía de manera adecuada y en las cantidades programadas.

- Se comprobó que las redes snubber son circuitos de frenado al apagado del IGBT, y cumplen a cabalidad con el objetivo de amortiguar el efecto de una variación tensión / tiempo que en algún momento pudiera ser destructiva para el IGBT y por consiguiente para el generador y el ESE. Convirtiéndose así en una protección extra para los IGBT's, el generador y el ESE, además este tipo de circuitos son su fácil implementación, bajo costo, gran funcionalidad y excelentes prestaciones.
- El algoritmo de programación implementado para el generador opero de manera óptima y aprovechando al máximo los recursos del equipo. Además permite que el usuario tenga una interacción clara con el equipo y pueda programarlo de manera sencilla siguiendo unos cuantos pasos explicados en este trabajo de grado.
- Al comparar el equipo aquí desarrollado con algunos que se encuentran en el mercado europeo y americano vemos que el desarrollado en este proyecto presenta ventajas por la gran variedad de anomalías que este puede generar, aunque los comerciales manejan corrientes mas elevadas son muy limitados en este aspecto y sus costos son muy elevados. En cuanto a la magnitud y el peso de los equipos comerciales en comparación con el desarrollado en este proyecto se puede concluir que son muy similares.
- El hardware abierto permite continuidad en el desarrollo y mejora del equipo, permitiendo en un futuro desarrollar un equipo más completo y de mayor manejo de potencia.

- Con la culminación de este proyecto se puede decir que se cumplieron los objetivos planteados al inicio de la investigación, además se generan nuevos interrogantes con el fin de continuar los estudios de las caídas e interrupciones de tensión.
- Para la construcción del equipo se tuvieron en cuenta aspectos técnicos, económicos, estéticos y de funcionalidad que hacen del generador un equipo de muy buenas prestaciones. Obteniendo los mejores beneficios posibles con el menor costo de inversión.
- Por medio de la lectura del capítulo tres de este libro se puede comprender totalmente la forma de programar cualquier tipo de perturbación, facilitando su manejo, permitiendo así que se puede empezar a aprovechar casi de manera inmediata el equipo.
- La realización de este proyecto de grado enriqueció enormemente la formación académica y personal de los autores, como estudiantes de último semestre de ingeniería electrónica permitiendo la aplicación y el fortalecimiento de los conceptos y destrezas adquiridos durante los años de formación profesional.

## RECOMENDACIONES

A partir del trabajo realizado y de los resultados obtenidos en este proyecto de grado se recomienda lo siguiente:

- Para complementar el estudio del problema de los huecos de tensión, los autores sugieren realizar proyectos donde se evalué el comportamiento de los equipos electrónicos antes las caídas e interrupciones de tensión mediante la utilización del equipo diseñado en este proyecto de grado y valiéndose de los laboratorios y las herramientas de análisis que la escuela puede facilitar a los estudiantes.
- Incluir dentro de las materias que se dictan en la escuela un laboratorio en el cual se emplee el generador para así poder entender mejor las interrupciones y caídas de tensión y sus principales características.
- Para quienes deseen continuar con la investigación de las caídas e interrupciones de tensión queda un hardware bastante sencillo que le permitirá realizar un sin número de pruebas a los diferentes equipos sensibles a estas fallas, el cual entre otras ventajas adicionales posee una interfase serial con la cual pudiera ser controlado en un futuro por otro sistema, y todas las protecciones necesarias para que el nuevo desarrollo sea una experiencia agradable y satisfactoria.
- Una vez terminado el estudio de sensibilidad hacia las interrupciones y caídas de tensión, diseñar prototipos que prevengan daños a los equipos electrónicos susceptibles a estas fallas y probarlos mediante la utilización del generador desarrollado en este proyecto de grado.

- Realizar mediante herramientas como Labview o Matlab programas que permitan la operación desde el PC y de forma grafica del generador mediante el puerto serie que se incluyo en la tarjeta de control, así como el calculo del valor eficaz en estas perturbaciones.
- Cuando el equipo sea manipulado en los laboratorios seguir las recomendaciones establecidas por CEI 61000-4-11 para evitar daños tanto en el generador como en los equipos sometidos a ensayo (ESE), así como accidentes que perjudiquen la salud del operario.

## BIBLIOGRAFÍA

A continuación se presenta la recopilación bibliográfica empleada en el trabajo de investigación.

[Ala et al, 98] ALA, G; BARONE, A; CATALIOTTI, V; INZERILLO, M. Analysis of voltage dips propagation in MV distribution networks by using ATP-EMTP code.

[Bollen, 00] BOLLEN, Math H.J. Understanding Power Quality Problems. Voltage sags and interruptions. IEEE PRESS. New York, 2000.

[Brauner & Hennerbichler, 01] BRAUNER, G; HENNERBICHLER, C. Voltage dips and sensitivity of consumers in low voltage networks. 18-21 Junio de 2001.

[Carrillo & Castellanos, 03] CARRILLO L; CASTELLANOS C; Caracterización de Huecos de Tensión. Tesis de grado E3T. UIS, 2003.

[CEI 61000-4-1] CEI 61000-4-1. Compatibilidad Electromagnética (CEM).

[CEI 61000-4-11] CEI 61000-4-11. Ensayos de inmunidad a los caídas de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión.

[CEI 61000-4-30] CEI 61000-4-30. Testing and measurement techniques – power quality measurement methods.

[CREG 070, 98] Resolución N° 070 de la CREG: “Reglamento de Distribución”. Mayo 28 de 1998.

[HORESTEIN 97] Horestein, Mark N, Microelectrónica, Circuitos y Dispositivos. Prentice Hall, 1997.

[IEEE Std 1100, 99] IEEE standards Department: A Draft Standard Glossary of Power Quality Terminology, New York, USA, 1999.

[IEEE Std 1346, 98] IEEE Recommended Practice for Evaluating Electric Power System Compatibility with Electronic Process Equipment, IEEE Std. 1346, 1998.

[IEEE Std 1564] IEEE Voltage Sags Indices, IEEE Std 1564.

[MICROCHIP 98] Manual de Microchip PIC16F87X Data sheet (DS30292C), 1998.

[NTC 5000, 02] Norma Técnica Colombiana 5000. Calidad de la Potencia Eléctrica (CPE). Definiciones y términos fundamentales. 2002.

[RASHID, 93] M.H. Rashid. Power Electronics Segunda Edición. Prentice Hall, 1993.

[SILVA, 02] SILVA M, interrupciones y Huecos de Tensión: Diseño y construcción de un prototipo para se monitorización. Tesis de investigación de maestría. UIS. 2002.

[SEDRA, 98] A.SEDRA, K.SMITH, Microelectronic Circuits (4th Edition). Holt-Saunders, 1998.

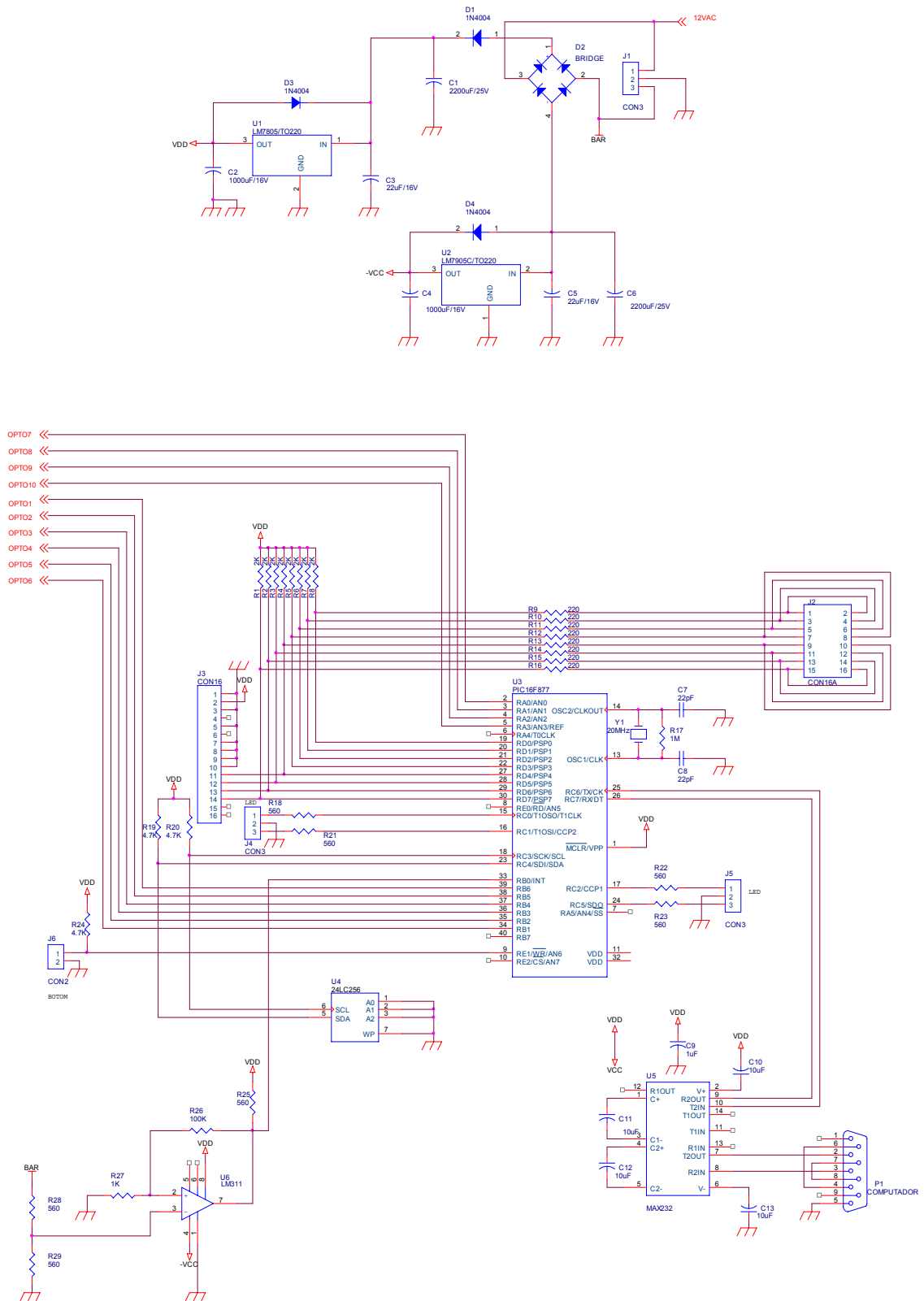
[USATEGUI, 01] Usategui Angulo José M<sup>a</sup>, PIC: 16F87X. Diseño de aplicaciones. 2<sup>a</sup> parte, McGrawHill, 2001.

[USATEGUI, 00] Usategui Angulo José M<sup>a</sup>, Susana Romero Yesa, MICROCONTROLADORES PIC 16F87X, McGrawHill, 2000.

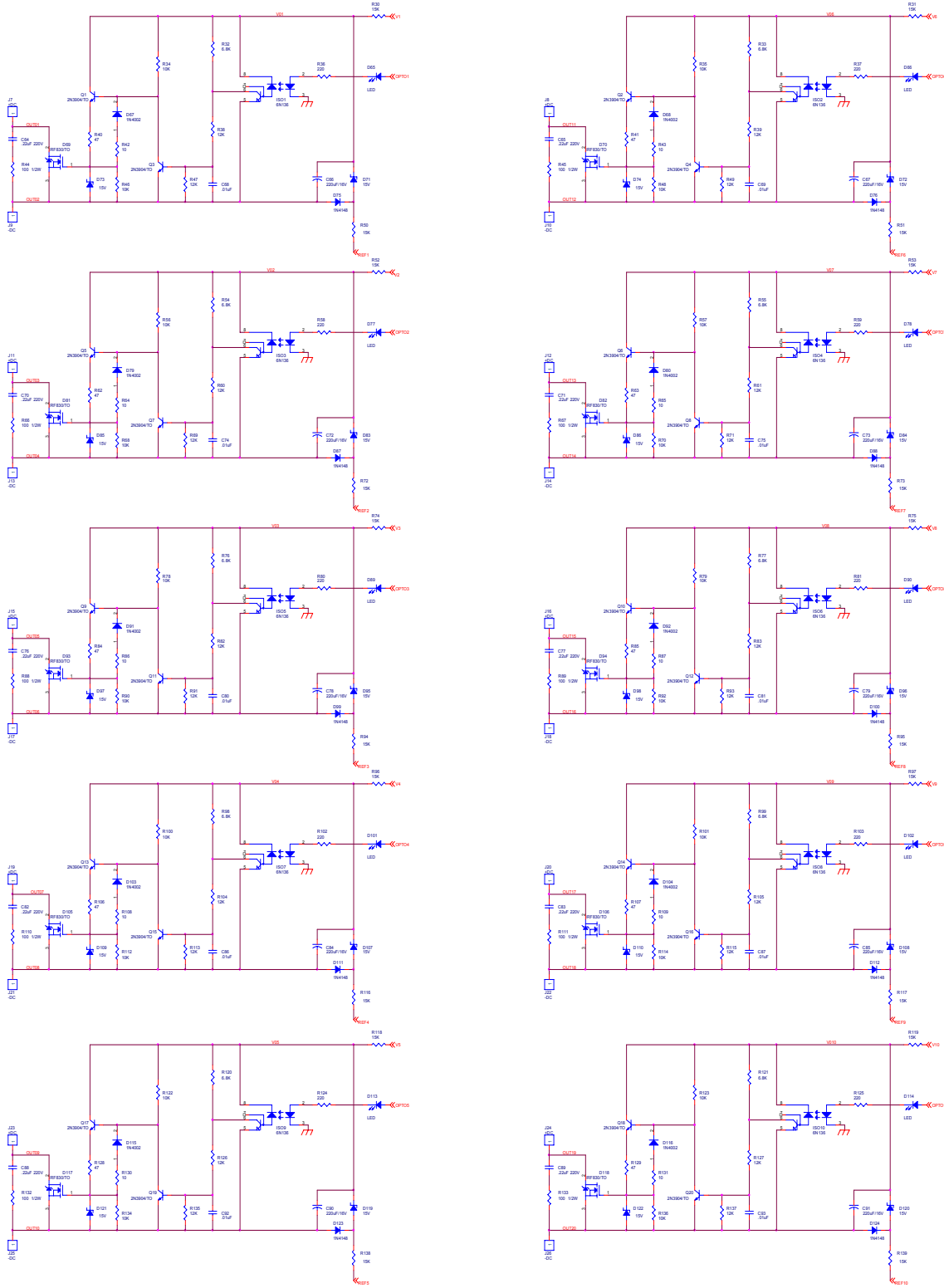
Y múltiples artículos en direcciones en Internet.

<b>Tema</b>	<b>Dirección Electrónica</b>
[1] Calidad de la energía	<a href="http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/calidad.HTM">http://members.tripod.com/JaimeVp/Electricidad/calidad.HTM</a>
[2] Calidad de la energía	<a href="http://www.rentasoft.es/_general/_docu/pa000110.htm">http://www.rentasoft.es/_general/_docu/pa000110.htm</a>
[3] Caídas de tensión	<a href="http://www.dranetz-bmi.com/pdf/sags-swells.pdf">www.dranetz-bmi.com/pdf/sags-swells.pdf</a>
[4] Caídas de tensión	<a href="http://powerstandards.com/tutorials%5Csagsandswells.htm">http://powerstandards.com/tutorials%5Csagsandswells.htm</a>
[5] Caídas de tensión	<a href="http://www.powerprotection.org/surges/index.shtml">http://www.powerprotection.org/surges/index.shtml</a>
[6] Factores de potencia	<a href="http://www.inelap.com.mx/productos/Factor%20de%20potencia.pdf">http://www.inelap.com.mx/productos/Factor%20de%20potencia.pdf</a>
[7] Curvas CBEMA	<a href="http://www.itic.org/technical/iticurv.pdf">www.itic.org/technical/iticurv.pdf</a>
[8] Estándar CBEMA	<a href="http://www.sentinelpower.com/MCG/protect.htm">http://www.sentinelpower.com/MCG/protect.htm</a>
[9] Curvas y estándares ITIC	<a href="http://www.itic.org/">http://www.itic.org/</a>
[10] Estándares, normas y conceptos CEI	<a href="http://www.iec.ch/">http://www.iec.ch/</a>
[11] Estándares, normas y conceptos IEEE	<a href="http://www.ieee.org">www.ieee.org</a>
[12] Perturbaciones del sistema	<a href="http://www.energetica21.com/pdfs/ele/chauvin.pdf">www.energetica21.com/pdfs/ele/chauvin.pdf</a>
[13] IGBT's	<a href="http://www.gte.us.es/leopoldo/store/tsp_6.pdf">www.gte.us.es/leopoldo/store/tsp_6.pdf</a>
[14] Protecciones	<a href="http://www.fusibles.cl">www.fusibles.cl</a>
[15] LCD	<a href="http://Es.wikipedia.org/wiki/LCD">Es.wikipedia.org/wiki/LCD</a>

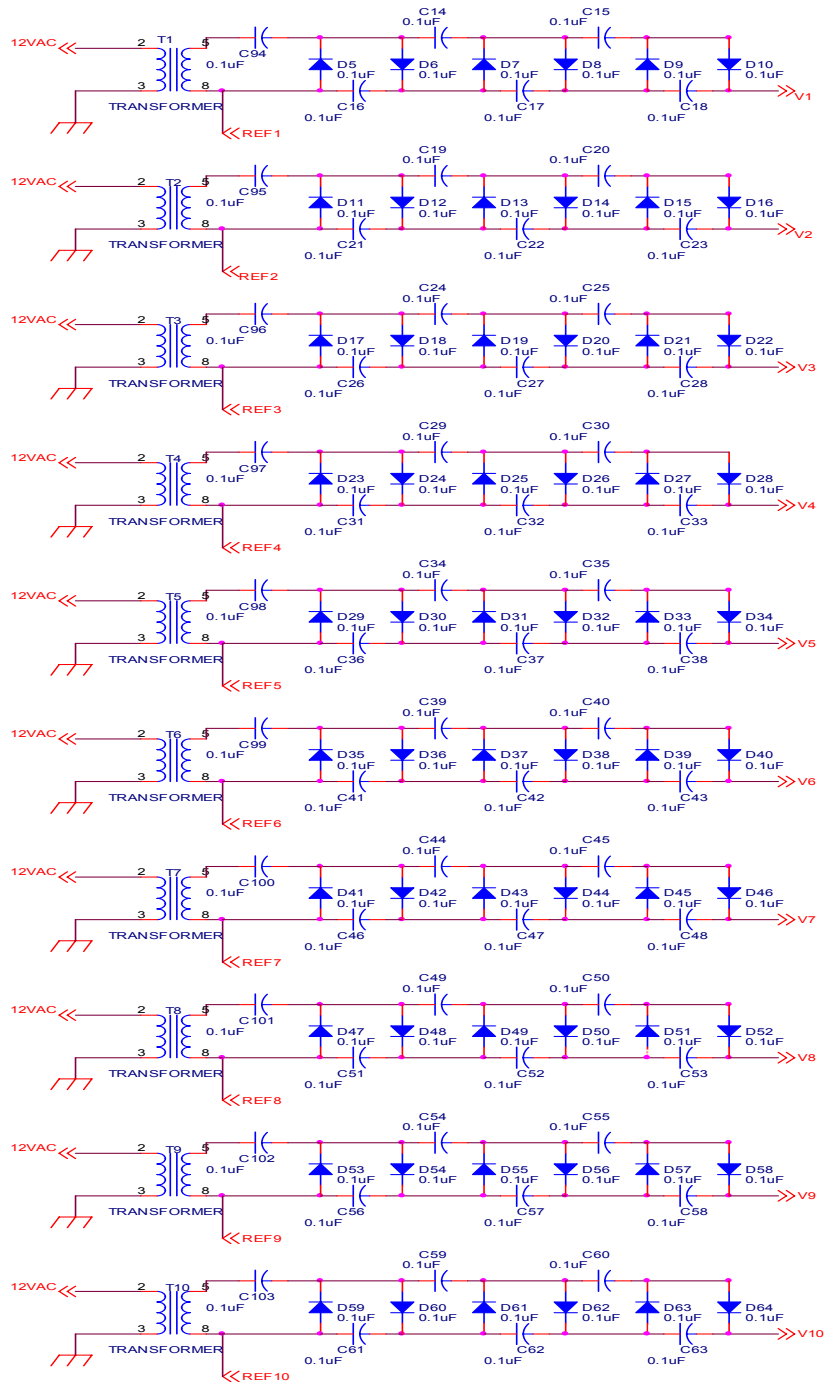
# ANEXO A. CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LA ETAPA DE CONTROL



## ANEXO B. CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LA ETAPA DE DISPARO



## ANEXO C. CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LOS MULTIPLICADORES DE TENSIÓN



**ANEXO D. PROGRAMA IMPLEMENTADO AL MICROCONTROLADOR  
PIC16F877**

```
=====
;
=====
;                                     FUSIBLES
;
=====

;RED FOSC (XT)      = 4 MHZ CM = 1/FOSC =1uSEG
FREC_OSC   EQU    D'4000000'
BAUDIOS    EQU    D'19200'

;
=====
;                                     CONFIGURACIONES
;
=====

;
=====

LIST    P=16F877

INCLUDE    P16F877.INC

ERRORLEVEL -302,-306,-202

        _CONFIG_CP_OFF & _WDT_OFF & _HS_OSC & _LVP_OFF & _BODEN_ON &
        _PWRT_ON & _WRT_ENABLE_ON & _DEBUG_OFF & _CPD_OFF

;
=====
;
=====
;                                     DECLARACION DE VARIABLES
;
=====

TECLA_A    EQU    H'0A'
TECLA_B    EQU    H'0B'
TECLA_C    EQU    H'0C'
TECLA_D    EQU    H'0D'
TECLA_E    EQU    H'0E'
TECLA_F    EQU    H'0F'

;
=====
;
=====
;                                     VARIABLES BANK 0
;
=====
```

CBLOCK H'20'

STEP  
SALIDA\_PROG  
DURACION\_2\_PROG  
DURACION\_1\_PROG  
DURACION\_0\_PROG

CONT\_1  
CONT\_2  
CONT\_3

AUX\_1  
AUX\_2  
AUX\_3

SALIDA  
FLANCO\_INICIAL

FILA  
COLUMNNA  
TECLA

CONT\_TECLA\_ON  
CONT\_TECLA\_OFF

CADENA  
DATO\_TABLA  
TABLA

CONTmSEG\_0  
TABLA\_PUBLOCK  
PUNTERO\_PUBLOCK  
CONT\_PUBLOCK

mSEGUNDOS\_0  
mSEGUNDOS\_1

CONTADOR\_2  
CONTADOR\_1  
CONTADOR\_0

CONTADOR\_INTERVALO\_2  
CONTADOR\_INTERVALO\_1  
CONTADOR\_INTERVALO\_0

NUMERO\_CIFRAS  
LUGAR\_CIFRA\_MSB  
NIVEL  
SAVE\_NIVEL  
CIFRA\_0

CIFRA\_1  
CIFRA\_2  
CIFRA\_3  
CIFRA\_4  
CIFRA\_5  
CIFRA\_6  
CIFRA\_7

ENDC

;REGISTROS UTILIZADOS EN LAS RUTINAS ARITMETICAS

ACUM\_5 EQU H'50' ;ACUM\_5-3 CONTIENE EL RESIDUO DE UNA DIVISION  
ACUM\_4 EQU H'51'  
ACUM\_3 EQU H'52'  
ACUM\_2 EQU H'53' ;ACUM\_2-0 ES EL REGISTRO SOBRE EL CUAL SE REALIZAN  
ACUM\_1 EQU H'54' ;LAS OPERACIONES Y EN EL CUAL SE ALMACENA EL  
;RESULTADO  
ACUM\_0 EQU H'55'  
COCIENTE\_2 EQU H'56' ;RESULTADO DE LA DIVISION  
COCIENTE\_1 EQU H'57'  
COCIENTE\_0 EQU H'58'  
PRODUCTO\_2 EQU H'56' ;RESULTADO DE LA MULTIPLICACION  
PRODUCTO\_1 EQU H'57'  
PRODUCTO\_0 EQU H'58'  
WORK\_2 EQU H'59' ;REGISTROS AUXILIARES UTILIZADOS EN LA DIVISION  
WORK\_1 EQU H'5A'  
WORK\_0 EQU H'5B'  
  
MULTIPLICADOR\_2 EQU H'5D'  
MULTIPLICADOR\_1 EQU H'5E'  
MULTIPLICADOR\_0 EQU H'5F'  
  
DIVISOR\_2 EQU H'5D'  
DIVISOR\_1 EQU H'5E'  
DIVISOR\_0 EQU H'5F'  
  
SUSTRAENDO\_2 EQU H'5D'  
SUSTRAENDO\_1 EQU H'5E'  
SUSTRAENDO\_0 EQU H'5F'  
  
SUMANDO\_3 EQU H'60'  
SUMANDO\_2 EQU H'61'  
SUMANDO\_1 EQU H'62'  
SUMANDO\_0 EQU H'63'

;  
=====

;

VARIABLES BANK 1

;  
=====

;

CBLOCK H'73'

BANDERAS\_1  
BANDERAS\_2

SAVE\_FSR  
SAVE\_W  
SAVE\_STATUS  
SAVE\_PCLATH

BYTE\_EEADR\_H  
BYTE\_EEADR\_L  
BYTE\_EEDATA\_H  
BYTE\_EEDATA\_L  
SAVE\_BYTE\_EEADR\_L

ENDC

#DEFINE FLAG\_FLANCOS BANDERAS\_1,0  
#DEFINE FLAG\_mSEG BANDERAS\_1,1  
#DEFINE FLAG\_SEG BANDERAS\_1,2

#DEFINE LED\_RUN PORTD,2  
#DEFINE LED\_STOP PORTD,3

#DEFINE LED\_mSEG PORTC,5  
#DEFINE LED\_SEG PORTD,4

#DEFINE ENTRADA\_CRUCE PORTB,0

#DEFINE SALIDA\_1 PORTB,1  
#DEFINE SALIDA\_2 PORTB,2  
#DEFINE SALIDA\_3 PORTB,3  
#DEFINE SALIDA\_4 PORTB,4  
#DEFINE SALIDA\_5 PORTB,5  
#DEFINE SALIDA\_6 PORTB,6  
#DEFINE SALIDA\_7 PORTB,7

#DEFINE SALIDA\_8 PORTD,5  
#DEFINE SALIDA\_9 PORTD,6  
#DEFINE SALIDA\_10 PORTD,7

#DEFINE RS\_LCD PORTA,2  
#DEFINE ENABLE\_LCD PORTA,3

#DEFINE TX PORTC,6  
#DEFINE RX PORTC,7

;RC0 RE2 RE1 RE0  
;DATOS LCD  
;RC0 RE2 RE1 RE0 FILAS TECLADO  
;RD0 RD1 RC1 RC2 COLUMNAS

```

#DEFINE     FLAG_RUN           BANDERAS_1,3
#DEFINE     FLAG_ESPERAR_CONDICION  BANDERAS_1,4
#DEFINE     FLAG_LEER_DISPARO     BANDERAS_1,5

#DEFINE     FLAG_PUBLICK        BANDERAS_2,0
#DEFINE     FLAG_BLINK          BANDERAS_2,1
#DEFINE     FLAG_TECLA_ON       BANDERAS_2,3
#DEFINE     FLAG SOBREENSCRIBIR  BANDERAS_2,4
#DEFINE     FLAG_PRIMER_DIGITO   BANDERAS_2,5

```

```

;=====
=====
;                               DECLARACION DE BITS
;=====
=====

```

```

;=====
=====
;                               INICIO
;=====
=====

```

```

        ORG     H'0000'

LABEL_RESETGOTO INICIO

```

```

;=====
=====
;                               INTERRUPTACIONES
;=====
=====

```

```

        ORG     H'0004'

        CLRWDT
        MOVWF   SAVE_W
        SWAPF   STATUS,W
        BCF    STATUS,RP0
        BCF    STATUS,RP1
        MOVWF   SAVE_STATUS
        MOVF   PCLATH,W
        MOVWF   SAVE_PCLATH
        CLRF   PCLATH

        BTFSC  PIR1,CCP1IF
        GOTO   INT_CCP
        BTFSC  INTCON,INTF
        GOTO   INT_FLANCOS

INT_CCP    BCF    PIR1,CCP1IF
           BCF    T1CON,TMR1ON

```

```

CLRF TMR1H
CLRF TMR1L
BSF T1CON,TMR1ON
INCF CONTmSEG_0,F

BTFSC FLAG_RUN
GOTO ETQ0_INT_CCP
CLRF PORTB
BCF SALIDA_8
BCF SALIDA_9
BCF SALIDA_10
GOTO SALIR_INT

ETQ0_INT_CCP      BTFSC FLAG_mSEG
CALL MODO_mSEG
BTFSC FLAG_SEG
CALL MODO_SEG
GOTO SALIR_INT

INT_FLANCOS BSF STATUS,RP0
BTFSS OPTION_REG,INTEDG;FLANCO DE SUBIDA ?
GOTO ETQ0_INT_FLANCOS
BTFSC FLAG_RUN
BCF OPTION_REG,INTEDG;FLANCO DE BAJADA
BCF STATUS,RP0
GOTO ETQ1_INT_FLANCOS
ETQ0_INT_FLANCOS BSF OPTION_REG,INTEDG;FLANCO DE SUBIDA
BCF STATUS,RP0

ETQ1_INT_FLANCOS BCF INTCON,INTF
BTFSC FLAG_RUN
GOTO ETQ2_INT_FLANCOS
CLRF PORTB
BCF SALIDA_8
BCF SALIDA_9
BCF SALIDA_10
GOTO SALIR_INT
ETQ2_INT_FLANCOS CALL MODO_SEMICICLOS
GOTO SALIR_INT

SALIR_INT  MOVF SAVE_PCLATH,W
           MOVWF PCLATH
           SWAPF SAVE_STATUS,W
           MOVWF STATUS
           SWAPF SAVE_W,F
           SWAPF SAVE_W,W
           RETFIE

```

```

;=====
=====
;
;                                CONFIGURACION

```

```
;=====
=====
```

```
INICIO BSF STATUS,RP0
        MOVLW B'00000111'
        MOVWF ADCON1
```

```
;RC0 RE2 RE1 RE0
;DATOS LCD
```

```
BSF PORTD,0 ;LAS COLUMNAS COMO ENTRADAS
BSF PORTD,1
BSF PORTC,1
BSF PORTC,2
```

```
BCF PORTE,0 ;LAS FILAS COMO SALIDAS , PUERTO DEL LCD
BCF PORTE,1
BCF PORTE,2
BCF PORTC,0
```

```
MOVLW B'00000001' ;SALIDAS
MOVWF PORTB
BCF SALIDA_8
BCF SALIDA_9
BCF SALIDA_10
```

```
BCF RS_LCD
BCF ENABLE_LCD
BCF LED_RUN
BCF LED_STOP
BCF LED_mSEG
BCF LED_SEG
```

```
BCF STATUS,RP0
```

```
CLRF PORTB ;SALIDAS
BCF SALIDA_8
BCF SALIDA_9
BCF SALIDA_10
```

```
BCF LED_RUN
BCF LED_STOP
```

```
CLRF BANDERAS_1
CLRF BANDERAS_2
CALL CONFIG_FLANCOS
CALL CONFIG_TMR1
```

```
CALL CONFIG_LCD
```

```
BCF FLAG_RUN
```

```
CLRF NIVEL
MOVLW    D'00'
CALL MENSAJE
CALL RETARDO_1S
CALL RETARDO_1S
CALL RETARDO_1S
CALL RETARDO_1S
```

```
MOVLW    D'01'
CALL MENSAJE
MOVLW    H'02'
MOVWF    TABLA_PUBLICK
BSF FLAG_PUBLICK
CLRF PUNTERO_PUBLICK
```

```
MOVLW    D'02'
MOVWF    CONT_TECLA_ON
MOVLW    D'02'
MOVWF    CONT_TECLA_OFF
BCF FLAG_TECLA_ON
```

```
BCF FLAG_FLANCOS
BCF FLAG_mSEG
BSF FLAG_SEG
CALL LEER_MODO
```

```
=====
=====
;                                PRINCIPAL
=====
=====
```

```
BUCLE BTFSC FLAG_RUN
      BSF LED_RUN
      BTFSC FLAG_RUN
      BCF LED_STOP
```

```
      BTFSS FLAG_RUN
      BCF LED_RUN
      BTFSS FLAG_RUN
      BSF LED_STOP
```

```
      BTFSC FLAG_PUBLICK
      CALL GRAPH_PUBLICK
      CALL TECLADO
```

```
GOTO BUCLE
```

```
=====
=====
;                                SUBROUTINAS
```

;=====

```
LEER_MODO BCF LED_mSEG
          BCF LED_SEG
          BTFSC FLAG_mSEG
          BSF LED_mSEG
          BTFSC FLAG_SEG
          BSF LED_SEG

          BTFSS LED_mSEG
          GOTO ETQ0_LEER_MODO
          BTFSS LED_SEG
          GOTO ETQ0_LEER_MODO
          BSF FLAG_FLANCOS
          RETURN
ETQ0_LEER_MODO BTFSC LED_mSEG
              BSF FLAG_mSEG
              BTFSC LED_SEG
              BSF FLAG_SEG
              RETURN

GUARDAR_ACUM_FLANCO MOVF ACUM_0,W
                   CALL BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
                   RETURN

GUARDAR_ACUM_SALIDA MOVF ACUM_0,W
                   CALL BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
                   RETURN

GUARDAR_ACUM_DURACION MOVF ACUM_2,W
                      CALL BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
                      MOVF ACUM_1,W
                      CALL BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
                      MOVF ACUM_0,W
                      CALL BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
                      RETURN

LEER_STEP MOVF BYTE_EEADR_L,W
          MOVWF SAVE_BYTE_EEADR_L
          CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM
          MOVWF SALIDA_PROG
          CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
          MOVWF DURACION_2_PROG
          CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
          MOVWF DURACION_1_PROG
          CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
          MOVWF DURACION_0_PROG
          MOVF SAVE_BYTE_EEADR_L,W
          MOVWF BYTE_EEADR_L
          MOVLW H'FF'
          XORWF SALIDA_PROG,W
```

```

BTSS STATUS,Z
RETURN
BSF FLAG_SOBREESCRIBIR
CLRF SALIDA_PROG
CLRF DURACION_2_PROG
CLRF DURACION_1_PROG
CLRF DURACION_0_PROG
RETURN

CARGAR_INTERVALO_ACUM MOVF BYTE_EEADR_L,W
MOVWF SAVE_BYTE_EEADR_L
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM
MOVWF DURACION_2_PROG
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF DURACION_1_PROG
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF DURACION_0_PROG
MOVF SAVE_BYTE_EEADR_L,W
MOVWF BYTE_EEADR_L
MOVF DURACION_2_PROG,W
MOVWF ACUM_2
MOVF DURACION_1_PROG,W
MOVWF ACUM_1
MOVF DURACION_0_PROG,W
MOVWF ACUM_0
RETURN

CARGAR_SALIDA_ACUM CLRF ACUM_2
CLRF ACUM_1
MOVF SALIDA_PROG,W
MOVWF ACUM_0
RETURN

CARGAR_DURACION_ACUM MOVF DURACION_2_PROG,W
MOVWF ACUM_2
MOVF DURACION_1_PROG,W
MOVWF ACUM_1
MOVF DURACION_0_PROG,W
MOVWF ACUM_0
RETURN

CONVERT_BCD_SALIDA CLRF SUMANDO_2
CLRF SUMANDO_1
MOVF CIFRA_0,W
MOVWF SUMANDO_0

CLRF ACUM_2
CLRF ACUM_1
MOVF CIFRA_1,W
MOVWF ACUM_0
MOVLW H'00'
MOVWF MULTIPLICADOR_2

```

```

MOVLW      H'00'
MOVWF      MULTIPLICADOR_1
MOVLW      H'0A'
MOVWF      MULTIPLICADOR_0
CALL       MULTIPLI_24_24
CALL       SUMA_24_24
MOVF       SUMANDO_2,W
MOVWF      ACUM_2
MOVF       SUMANDO_1,W
MOVWF      ACUM_1
MOVF       SUMANDO_0,W
MOVWF      ACUM_0
RETURN

CONVERT_SALIDA_BCD      MOVLW      H'00'
MOVWF      DIVISOR_2
MOVLW      H'00'
MOVWF      DIVISOR_1
MOVLW      H'0A'
MOVWF      DIVISOR_0
CALL       DIVISION_24_24
MOVF       ACUM_0,W
MOVWF      CIFRA_1
MOVF       ACUM_3,W
MOVWF      CIFRA_0
RETURN

CONVERT_BCD_DURACION  CLRF      SUMANDO_2
CLRF       SUMANDO_1
MOVF       CIFRA_0,W
MOVWF      SUMANDO_0
CLRF       ACUM_2
CLRF       ACUM_1
MOVF       CIFRA_5,W
MOVWF      ACUM_0
MOVLW      H'01'
MOVWF      MULTIPLICADOR_2
MOVLW      H'86'
MOVWF      MULTIPLICADOR_1
MOVLW      H'A0'
MOVWF      MULTIPLICADOR_0
CALL       MULTIPLI_24_24
CALL       SUMA_24_24
CLRF       ACUM_2
CLRF       ACUM_1
MOVF       CIFRA_4,W
MOVWF      ACUM_0
MOVLW      H'00'
MOVWF      MULTIPLICADOR_2
MOVLW      H'27'
MOVWF      MULTIPLICADOR_1
MOVLW      H'10'

```

```

MOVWF     MULTIPLICADOR_0
CALL  MULTIPLI_24_24
CALL  SUMA_24_24
CLRF  ACUM_2
CLRF  ACUM_1
MOVF  CIFRA_3,W
MOVWF  ACUM_0
MOVLW  H'00'
MOVWF  MULTIPLICADOR_2
MOVLW  H'03'
MOVWF  MULTIPLICADOR_1
MOVLW  H'E8'
MOVWF  MULTIPLICADOR_0
CALL  MULTIPLI_24_24
CALL  SUMA_24_24
CLRF  ACUM_2
CLRF  ACUM_1
MOVF  CIFRA_2,W
MOVWF  ACUM_0
MOVLW  H'00'
MOVWF  MULTIPLICADOR_2
MOVLW  H'00'
MOVWF  MULTIPLICADOR_1
MOVLW  H'64'
MOVWF  MULTIPLICADOR_0
CALL  MULTIPLI_24_24
CALL  SUMA_24_24
CLRF  ACUM_2
CLRF  ACUM_1
MOVF  CIFRA_1,W
MOVWF  ACUM_0
MOVLW  H'00'
MOVWF  MULTIPLICADOR_2
MOVLW  H'00'
MOVWF  MULTIPLICADOR_1
MOVLW  H'0A'
MOVWF  MULTIPLICADOR_0
CALL  MULTIPLI_24_24
CALL  SUMA_24_24
MOVF  SUMANDO_2,W
MOVWF  ACUM_2
MOVF  SUMANDO_1,W
MOVWF  ACUM_1
MOVF  SUMANDO_0,W
MOVWF  ACUM_0
RETURN

```

```

CONVERT_DURACION_BCD  MOVLW     H'01'
MOVWF  DIVISOR_2
MOVLW  H'86'
MOVWF  DIVISOR_1
MOVLW  H'A0'

```

```

MOVWF     DIVISOR_0
CALL  DIVISION_24_24
MOVF  ACUM_0,W
MOVWF     CIFRA_5
MOVF  ACUM_3,W
MOVWF     ACUM_0
MOVF  ACUM_4,W
MOVWF     ACUM_1
MOVF  ACUM_5,W
MOVWF     ACUM_2
MOVLW    H'00'
MOVWF     DIVISOR_2
MOVLW    H'27'
MOVWF     DIVISOR_1
MOVLW    H'10'
MOVWF     DIVISOR_0
CALL  DIVISION_24_24
MOVF  ACUM_0,W
MOVWF     CIFRA_4
MOVF  ACUM_3,W
MOVWF     ACUM_0
MOVF  ACUM_4,W
MOVWF     ACUM_1
MOVF  ACUM_5,W
MOVWF     ACUM_2
MOVLW    H'00'
MOVWF     DIVISOR_2
MOVLW    H'03'
MOVWF     DIVISOR_1
MOVLW    H'E8'
MOVWF     DIVISOR_0
CALL  DIVISION_24_24
MOVF  ACUM_0,W
MOVWF     CIFRA_3
MOVF  ACUM_3,W
MOVWF     ACUM_0
MOVF  ACUM_4,W
MOVWF     ACUM_1
MOVF  ACUM_5,W
MOVWF     ACUM_2
MOVLW    H'00'
MOVWF     DIVISOR_2
MOVLW    H'00'
MOVWF     DIVISOR_1
MOVLW    H'64'
MOVWF     DIVISOR_0
CALL  DIVISION_24_24
MOVF  ACUM_0,W
MOVWF     CIFRA_2
MOVF  ACUM_3,W
MOVWF     ACUM_0
MOVF  ACUM_4,W

```

```

MOVWF    ACUM_1
MOVF ACUM_5,W
MOVWF    ACUM_2
MOVLW    H'00'
MOVWF    DIVISOR_2
MOVLW    H'00'
MOVWF    DIVISOR_1
MOVLW    H'0A'
MOVWF    DIVISOR_0
CALL DIVISION_24_24
MOVF ACUM_0,W
MOVWF    CIFRA_1
MOVF ACUM_3,W
MOVWF    CIFRA_0
RETURN

```

```

;=====
=====
;
;                               CONFIGURACION
;=====
=====

```

```

;CONFIGURA EL DETECTOR DE FLANCOS
CONFIG_FLANCOS BSF STATUS,RP0
BSF OPTION_REG,INTEDG;FLANCO DE SUBIDA
BCF STATUS,RP0
BCF INTCON,INTF
BSF INTCON,INTE
RETURN

```

```

;CONFIGURA EL TMR1 Y EL COMPARADOR
CONFIG_TMR1
MOVLW    B'00000000'
MOVWF    T1CON
CLRF TMR1H
CLRF TMR1L
MOVLW    H'13'
MOVWF    CCPR1H
MOVLW    H'76'
MOVWF    CCP1L
MOVLW    B'00001010'
MOVWF    CCP1CON
BSF T1CON,TMR1ON
BCF PIR1,CCP1IF
BSF STATUS,RP0
BSF PIE1,CCP1IE
BCF STATUS,RP0
BSF INTCON,PEIE
BSF INTCON,GIE
RETURN

```

```

MODO_mSEG CALL DECREMENTAR_CONTADOR

```

```

CALL DECREMENTAR_INTERVALO
BTFSC FLAG_LEER_DISPARO
CALL LEER_DISPARO
BTFSC FLAG_ESPERAR_CONDICION
GOTO LEER_DISPARO_INICIAL
RETURN

MODO_SEG INCF mSEGUNDOS_0,F
BTFSC STATUS,Z
INCF mSEGUNDOS_1,F
MOVLW H'E8'
XORWF mSEGUNDOS_0,W
BTFSS STATUS,Z
RETURN
MOVLW H'03'
XORWF mSEGUNDOS_1,W
BTFSS STATUS,Z
RETURN
CLRF mSEGUNDOS_0
CLRF mSEGUNDOS_1
CALL DECREMENTAR_CONTADOR
CALL DECREMENTAR_INTERVALO
BTFSC FLAG_LEER_DISPARO
CALL LEER_DISPARO
BTFSC FLAG_ESPERAR_CONDICION
GOTO LEER_DISPARO_INICIAL
RETURN

MODO_SEMICICLOS BTFSC FLAG_ESPERAR_CONDICION
GOTO ETQ0_MODO_SEMICICLOS
BTFSS FLAG_FLANCOS
RETURN
CALL DECREMENTAR_CONTADOR
CALL DECREMENTAR_INTERVALO
BTFSC FLAG_LEER_DISPARO
CALL LEER_DISPARO
BTFSC FLAG_ESPERAR_CONDICION
GOTO LEER_DISPARO_INICIAL
RETURN
ETQ0_MODO_SEMICICLOS MOVLW 'n'
XORWF FLANCO_INICIAL,W
BTFSS STATUS,Z
GOTO ETQ1_MODO_SEMICICLOS
BSF STATUS,RP0
BTFSC OPTION_REG,INTEDG
GOTO ETQ2_MODO_SEMICICLOS
GOTO ETQ3_MODO_SEMICICLOS
ETQ1_MODO_SEMICICLOS BSF STATUS,RP0
BTFSC OPTION_REG,INTEDG
GOTO ETQ3_MODO_SEMICICLOS
ETQ2_MODO_SEMICICLOS BCF STATUS,RP0
BCF T1CON,TMR1ON

```

```

    CLRF TMR1H
    CLRF TMR1L
    BSF T1CON,TMR1ON
    CALL LEER_DISPARO
    BCF FLAG_ESPERAR_CONDICION
    RETURN
ETQ3_MODO_SEMICICLOS BCF STATUS,RP0
    RETURN

DECREMENTAR_CONTADOR MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_0,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_CONTADOR
    MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_1,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_CONTADOR
    MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_2,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_CONTADOR
    BSF FLAG_LEER_DISPARO
    RETURN
ETQ0_DECREMENTAR_CONTADOR MOVF CONTADOR_0,W
    BTFSS STATUS,Z
    RETURN
    MOVF CONTADOR_1,W
    BTFSS STATUS,Z
    RETURN
    MOVF CONTADOR_2,W
    BTFSS STATUS,Z
    RETURN
    BSF FLAG_LEER_DISPARO
    RETURN

DECREMENTAR_INTERVALO MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_INTERVALO_0,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_INTERVALO
    MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_INTERVALO_1,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_INTERVALO
    MOVLW      D'01'
    SUBWF      CONTADOR_INTERVALO_2,F
    BTFSC STATUS,C
    GOTO ETQ0_DECREMENTAR_INTERVALO
    BSF FLAG_ESPERAR_CONDICION
    BCF FLAG_LEER_DISPARO
    RETURN
ETQ0_DECREMENTAR_INTERVALO MOVF CONTADOR_INTERVALO_0,W
    BTFSS STATUS,Z

```

```

RETURN
MOVF CONTADOR_INTERVALO_1,W
BTFSS STATUS,Z
RETURN
MOVF CONTADOR_INTERVALO_2,W
BTFSS STATUS,Z
RETURN
BSF FLAG_ESPERAR_CONDICION
BCF FLAG_LEER_DISPARO
RETURN

LEER_DISPARO CLRf PORTB
BCF SALIDA_8
BCF SALIDA_9
BCF SALIDA_10
BCF FLAG_LEER_DISPARO
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF SALIDA
XORLW H'FF'
BTFSC STATUS,Z
GOTO FIN_LEER_DISPARO
CALL TABLA_SALIDAS_0
MOVWF PORTB
CALL TABLA_SALIDAS_1
IORWF PORTD,F
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF CONTADOR_2
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF CONTADOR_1
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF CONTADOR_0
RETURN

FIN_LEER_DISPARO MOVLW H'FF'
MOVWF CONTADOR_2
MOVLW H'FF'
MOVWF CONTADOR_1
MOVLW H'FF'
MOVWF CONTADOR_0
BSF STATUS,RP1
DECF EEADR,F
BCF STATUS,RP1
RETURN

LEER_DISPARO_INICIAL CLRf BYTE_EEADR_H
CLRf BYTE_EEADR_L

CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM
MOVWF FLANCO_INICIAL

CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF CONTADOR_INTERVALO_2
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT

```

```

MOVWF     CONTADOR_INTERVALO_1
CALL  BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT
MOVWF     CONTADOR_INTERVALO_0

```

```

BSF  FLAG_RUN
BSF  FLAG_ESPERAR_CONDICION
RETURN

```

```

;=====
=====

```

```

GRAPH_PUBLICK    BTFSC FLAG_BLINK
RETURN
MOVLW     D'250'
SUBWF     CONTmSEG_0,W
BTFSS STATUS,C
RETURN
CLRF  CONTmSEG_0
MOVLW     H'C0'
CALL  INSTRUCCION
MOVF  TABLA_PUBLICK,W
MOVWF     TABLA
MOVF  PUNTERO_PUBLICK,W
MOVWF     CADENA
MOVLW     D'24'
MOVWF     CONT_PUBLICK
ETQ0_GRAPH_PUBLICK    BSF  PCLATH,3
CALL  TABLA_MENSAJES_FIJOS
BCF  PCLATH,3
INCF  CADENA,F
MOVWF     DATO_TABLA
MOVF  DATO_TABLA,W
BTFSC STATUS,Z
CLRF  CADENA
BTFSC STATUS,Z
GOTO  ETQ0_GRAPH_PUBLICK
MOVF  DATO_TABLA,W
CALL  ASCII
DECFSZ     CONT_PUBLICK,F
GOTO  ETQ0_GRAPH_PUBLICK
INCF  PUNTERO_PUBLICK,F
MOVF  PUNTERO_PUBLICK,W
MOVWF     CADENA
BSF  PCLATH,3
CALL  TABLA_MENSAJES_FIJOS
BCF  PCLATH,3
MOVWF     DATO_TABLA
MOVF  DATO_TABLA,W
BTFSC STATUS,Z
CLRF  PUNTERO_PUBLICK
RETURN

```

```

=====
=====
;
;                               MEMORIA EEPROM
;
=====
=====

BYTE_READ_DATA_EEPROM_SHORT      BSF   STATUS,RP0 ;BANK 3
    BSF   STATUS,RP1
    BSF   EECON1,RD
    BCF   STATUS,RP0 ;BANK 2
    MOVF  EEDATA,W
    INCF  EEADR,F
    BCF   STATUS,RP1 ;BANK 0
    RETURN

BYTE_READ_DATA_EEPROMBSF   STATUS,RP1 ;BANK 2
    BCF   STATUS,RP0
    MOVF  BYTE_EEADR_L,W
    MOVWF    EEADR
    BSF   STATUS,RP0 ;BANK 3
    BCF   EECON1,EEPGD ;MEMORIA FLASH DATOS
    BSF   EECON1,RD
    BCF   STATUS,RP0 ;BANK 2
    MOVF  EEDATH,W
    MOVWF    BYTE_EEDATA_H
    MOVF  EEDATA,W
    MOVWF    BYTE_EEDATA_L
    INCF  BYTE_EEADR_L,F
    INCF  EEADR,F
    BCF   STATUS,RP1 ;BANK 0
    RETURN

BYTE_WRITE_DATA_EEPROM      BSF   STATUS,RP1 ;BANK 2
    BCF   STATUS,RP0
    MOVWF    EEDATA
    MOVF  BYTE_EEADR_L,W
    MOVWF    EEADR
    BSF   STATUS,RP0 ;BANK 3
    BCF   EECON1,EEPGD ;MEMORIA FLASH DATOS
ETQ1BYTE_WRITE_DATA_EEPROM BCF   INTCON,GIE
    BTFSC INTCON,GIE
    GOTO  ETQ1BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
    BSF   EECON1,WREN
    MOVLW    H'55'
    MOVWF    EECON2
    MOVLW    H'AA'
    MOVWF    EECON2
    BSF   EECON1,WR
ETQ0BYTE_WRITE_DATA_EEPROM BTFSC EECON1,WR
    GOTO  ETQ0BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
    BCF   EECON1,WREN
    BCF   STATUS,RP1 ;BANK 0

```

```

        BCF  STATUS,RP0
        BSF  INTCON,GIE
        INCF BYTE_EEADR_L,F
        RETURN

BYTE_READ_PROG_EEPROM      BSF  STATUS,RP1 ;BANK 2
        BCF  STATUS,RP0
        MOVF BYTE_EEADR_H,W
        MOVWF EEADRH
        MOVF BYTE_EEADR_L,W
        MOVWF EEADR
        BSF  STATUS,RP0 ;BANK 3
        BSF  EECON1,EEPGD ;MEMORIA FLASH DE PROGRAMA
        BSF  EECON1,RD
        NOP
        NOP
        BCF  STATUS,RP0 ;BANK 2
        MOVF EEDATH,W
        MOVWF BYTE_EEDATA_H
        MOVF EEDATA,W
        MOVWF BYTE_EEDATA_L
        INCF BYTE_EEADR_L,F
        BTFSC STATUS,Z
        INCF BYTE_EEADR_H,F
        BCF  STATUS,RP1 ;BANK 0
        RETURN

BYTE_WRITE_PROG_EEPROM    BSF  STATUS,RP1 ;BANK 2
        BCF  STATUS,RP0
        MOVWF EEDATA
        CLRF EEDATH
        MOVF BYTE_EEADR_H,W
        MOVWF EEADRH
        MOVF BYTE_EEADR_L,W
        MOVWF EEADR
        BSF  STATUS,RP0 ;BANK 3
        BSF  EECON1,EEPGD ;MEMORIA FLASH DATOS
ETQ1BYTE_WRITE_PROG_EEPROM BCF  INTCON,GIE
        BTFSC INTCON,GIE
        GOTO ETQ1BYTE_WRITE_PROG_EEPROM
        BSF  EECON1,WREN
        MOVLW H'55'
        MOVWF EECON2
        MOVLW H'AA'
        MOVWF EECON2
        BSF  EECON1,WR
ETQ0BYTE_WRITE_PROG_EEPROM BTFSC EECON1,WR
        GOTO ETQ0BYTE_WRITE_PROG_EEPROM
        BCF  EECON1,WREN
        BCF  STATUS,RP1 ;BANK 0
        BCF  STATUS,RP0
        BSF  INTCON,GIE

```

```

INCF BYTE_EEADR_L,F
BTFSC STATUS,Z
INCF BYTE_EEADR_H,F
RETURN

```

```

BORRAR_MEMORIA CLRf BYTE_EEADR_L
ETQ0_BORRAR_MEMORIA MOVLW H'00'
CALL BYTE_WRITE_PROG_EEPROM
MOVF BYTE_EEADR_L,W
BTFSS STATUS,Z
GOTO ETQ0_BORRAR_MEMORIA
RETURN

```

```

;-----
;                               RUTINAS DE MANEJO DEL LCD
;-----

```

```

;INICIALIZA LA MATRIZ DE CRISTAL LIQUIDO
CONFIG_LCD MOVLW B'00110011'
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00110010'
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00101000' ;BUS=4BITS LINEAS=2 TAMAÑO=5X7
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00001000' ;DISPLAY=OFF CURSOR=OFF BLINK=OFF
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00000001' ;LIMPIAR PANTALLA
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00001100' ;DISPLAY=ON CURSOR=OFF BLINK=OFF
CALL INSTRUCCION
MOVLW B'00000110' ;MODO INCREMENTAL, PANTALLA FIJA CURSOR
MOVIL
CALL INSTRUCCION
GENCHAR MOVLW B'01000000'
CALL INSTRUCCION
CLRF CADENA
MOVLW D'40'
MOVWF CONT_3
ETQ0_GENCHAR CALL TABLA_GENCHAR
CALL ASCII
INCF CADENA,F
DECFSZ CONT_3,F
GOTO ETQ0_GENCHAR
MOVLW B'01000000'
CALL INSTRUCCION
RETURN

INSTRUCCIONBCF RS_LCD
GOTO VALIDEDATO

ASCII BSF RS_LCD
GOTO VALIDEDATO

```

```
VALIDEDATO MOVWF AUX_1
```

```
;RC0 RE2 RE1 RE0  
;DATOS LCD
```

```
BCF PORTC,0  
BTFSC AUX_1,4  
BSF PORTC,0  
BCF PORTE,2  
BTFSC AUX_1,5  
BSF PORTE,2  
BCF PORTE,1  
BTFSC AUX_1,6  
BSF PORTE,1  
BCF PORTE,0  
BTFSC AUX_1,7  
BSF PORTE,0
```

```
BSF ENABLE_LCD  
CALL RETARDO_100uS  
BCF ENABLE_LCD  
CALL RETARDO_4mS  
SWAPF AUX_1,F
```

```
;RC0 RE2 RE1 RE0  
;DATOS LCD
```

```
BCF PORTC,0  
BTFSC AUX_1,4  
BSF PORTC,0  
BCF PORTE,2  
BTFSC AUX_1,5  
BSF PORTE,2  
BCF PORTE,1  
BTFSC AUX_1,6  
BSF PORTE,1  
BCF PORTE,0  
BTFSC AUX_1,7  
BSF PORTE,0
```

```
BSF ENABLE_LCD  
CALL RETARDO_100uS  
BCF ENABLE_LCD  
CALL RETARDO_4mS  
RETURN
```

```
LIMPIARPANTALLA MOVLW D'01'  
CALL INSTRUCCION  
RETURN
```

```
MENSAJE MOVWF TABLA  
CLRf CADENA
```

```

ETQ0_MENSAJE    BSF    PCLATH,3
                CALL   TABLA_MENSAJES_FIJOS
                BCF    PCLATH,3
                INCF   CADENA,F
                MOVWF  DATO_TABLA
                MOVF   DATO_TABLA,W
                BTFSC  STATUS,Z
                RETURN
                MOVLW  H'01'
                SUBWF  DATO_TABLA,W
                BTFSS  STATUS,Z
                GOTO   ESCARACTER
ESINSTRUC       BSF    PCLATH,3
                CALL   TABLA_MENSAJES_FIJOS
                BCF    PCLATH,3
                INCF   CADENA,F
                CALL   INSTRUCCION
                GOTO   ETQ0_MENSAJE
ESCARACTER      MOVF   DATO_TABLA,W
                CALL   ASCII
                GOTO   ETQ0_MENSAJE

```

```

;=====
=====
;
;                               RETARDOS
;=====
=====

```

```

RETARDO_100uS  MOVLW    D'50'
                MOVWF    CONT_1
ETQ0RET_100uS  DECFSZ    CONT_1,F
                GOTO    ETQ0RET_100uS
                RETURN

```

```

RETARDO_4mS    MOVLW    D'25'
                MOVWF    CONT_1
ETQ0RET_4mS    MOVLW    D'180'
                MOVWF    CONT_2
ETQ1RET_4mS    DECFSZ    CONT_2,F
                GOTO    ETQ1RET_4mS
                DECFSZ    CONT_1,F
                GOTO    ETQ0RET_4mS
                RETURN

```

```

RETARDO_1S     MOVLW    D'04'
                MOVWF    CONT_1
ETQ0RET_1S     MOVLW    D'250'
                MOVWF    CONT_2
ETQ1RET_1S     MOVLW    D'250'
                MOVWF    CONT_3
ETQ2RET_1S     NOP
                DECFSZ    CONT_3,F

```

```

GOTO ETQ2RET_1S
DECFSZ    CONT_2,F
GOTO ETQ1RET_1S
DECFSZ    CONT_1,F
GOTO ETQ0RET_1S
RETURN

```

```

-----
;
;                                TECLADO
;
-----

```

```

TECLADO    BCF    PORTC,0          ;O'S EN LAS FILAS
           BCF    PORTE,0
           BCF    PORTE,1
           BCF    PORTE,2
           CALL   RETARDO_100uS
           MOVLW  B'11110000'
           MOVWF  TECLA
           BTFSC PORTD,1
           BSF    TECLA,0
           BTFSC PORTD,0
           BSF    TECLA,1
           BTFSC PORTC,2
           BSF    TECLA,2
           BTFSC PORTC,1
           BSF    TECLA,3
           MOVF   TECLA,W
           XORLW  B'11111111'
           BTFSC STATUS,Z
           GOTO   NO_TECLA
           BTFSC FLAG_TECLA_ON
           RETURN
           DECFSZ CONT_TECLA_ON,F
           RETURN
           MOVLW  D'02'
           MOVWF  CONT_TECLA_ON
           MOVLW  D'02'
           MOVWF  CONT_TECLA_OFF
           BSF    FLAG_TECLA_ON      ;INDICA QUE SE HA PRESIONADO UNA TECLA Y SERA
                                     ;PROCESADA
           CLRF  FILA
ETQ1_TECLADO BCF    STATUS,C
           RRF   TECLA,F
           INCF  FILA,F
           BTFSC STATUS,C
           GOTO  ETQ1_TECLADO
           BSF   STATUS,RP0 ;CONFIGURA EL PORTB
           BCF   PORTD,0   ;LAS COLUMNAS COMO SALIDAS
           BCF   PORTD,1
           BCF   PORTC,1
           BCF   PORTC,2
           BSF   PORTE,0   ;LAS COLUMNAS COMO ENTRADAS

```

```

BSF   PORTE,1
BSF   PORTE,2
BSF   PORTC,0
BCF   STATUS,RP0

BCF   PORTD,0           ;O'S EN LAS COLUMNAS
BCF   PORTD,1
BCF   PORTC,1
BCF   PORTC,2
CALL  RETARDO_100uS
MOVLW B'11110000'
MOVWF TECLA
BTFSC PORTE,0
BSF   TECLA,0
BTFSC PORTE,1
BSF   TECLA,1
BTFSC PORTE,2
BSF   TECLA,2
BTFSC PORTC,0
BSF   TECLA,3
MOVF  TECLA,W

CLRF  COLUMNA
ETQ2_TECLADO BCF STATUS,C
RRF   TECLA,F
INCF  COLUMNA,F
BTFSC STATUS,C
GOTO  ETQ2_TECLADO
BSF   STATUS,RP0 ;CONFIGURA EL PORTB
BSF   PORTD,0   ;LAS COLUMNAS COMO ENTRADAS
BSF   PORTD,1
BSF   PORTC,1
BSF   PORTC,2
BCF   PORTE,0   ;LAS FILAS COMO SALIDAS , PUERTO DEL LCD
BCF   PORTE,1
BCF   PORTE,2
BCF   PORTC,0
BCF   STATUS,RP0
ETQ4_TECLADO DECF FILA,F ;TECLA=(FILA-1)*#COLUMNAS+COLUMNA
BCF   STATUS,C
RLF   FILA,F
BCF   STATUS,C
RLF   FILA,W
ADDWF COLUMNA,W
MOVWF TECLA
DECF  TECLA,F

MOVLW D'16'
SUBWF TECLA,W
BTFSC STATUS,C
GOTO  NO_TECLA

```

```

CALL TABLA_TECLADO
MOVWF     TECLA

GOTO TABLA_NIVEL

NO_TECLA   BTFSS FLAG_TECLA_ON
RETURN
DECFSZ     CONT_TECLA_OFF,F
RETURN
MOVLW     D'02'
MOVWF     CONT_TECLA_ON
MOVLW     D'02'
MOVWF     CONT_TECLA_OFF
BCF     FLAG_TECLA_ON
RETURN

NIVEL_0    MOVLW     D'01'
XORWF     TECLA,W
BTFSS STATUS,Z
GOTO ETQ1_NIVEL_0
ETQ0_NIVEL_0   BSF     FLAG_SOBREESCRIBIR
MOVLW     D'01'
CALL MENSAJE
CLRF BYTE_EEADR_L
CALL BYTE_READ_DATA_EEPROM
XORLW     H'00'
BTFSC STATUS,Z
GOTO ETQ3_NIVEL_0
MOVLW     D'11'
MOVWF     TABLA_PUBLICK
BSF     FLAG_PUBLICK
CLRF PUNTERO_PUBLICK
MOVLW     D'06'
MOVWF     NIVEL
RETURN
ETQ3_NIVEL_0   MOVLW     D'03' ;FALTA CARGAR EL FLANCO PROGRAMADO
ANTERIORMENTE !
MOVWF     TABLA_PUBLICK
BSF     FLAG_PUBLICK
CLRF PUNTERO_PUBLICK
MOVLW     D'01'
MOVWF     NIVEL
CLRF BYTE_EEADR_L
RETURN
ETQ1_NIVEL_0    MOVLW     D'02'
XORWF     TECLA,W
BTFSS STATUS,Z
GOTO ETQ4_NIVEL_0
ETQ2_NIVEL_0    MOVLW     D'10'
MOVWF     TABLA_PUBLICK
BSF     FLAG_PUBLICK
CLRF PUNTERO_PUBLICK

```

```

        MOVLW      D'05'
        MOVWF      NIVEL
        CLRF      mSEGUNDOS_0
        CLRF      mSEGUNDOS_1
        CALL      LEER_DISPARO_INICIAL
        RETURN
ETQ4_NIVEL_0      MOVLW      D'03'
                  XORWF      TECLA,W
                  BTFSS      STATUS,Z
                  RETURN
ETQ5_NIVEL_0      MOVLW      D'15'
                  MOVWF      TABLA_PUBLICK
                  BSF      FLAG_PUBLICK
                  CLRF      PUNTERO_PUBLICK
                  MOVLW      D'08'
                  MOVWF      NIVEL
                  RETURN

NIVEL_1      MOVLW      D'01'
              XORWF      TECLA,W
              BTFSS      STATUS,Z
              GOTO      ETQ2_NIVEL_1
              MOVLW      'p'          ;CARGAR EL FLANCO POSITIVO !
              MOVWF      ACUM_0
              CALL      GUARDAR_ACUM_FLANCO
ETQ1_NIVEL_1      MOVLW      H'01'
                  MOVWF      STEP
                  BTFSC      FLAG_FLANCOS
                  MOVLW      D'07'
                  BTFSC      FLAG_mSEG
                  MOVLW      D'08'
                  BTFSC      FLAG_SEG
                  MOVLW      D'09'
                  CALL      MENSAJE
                  BCF      FLAG_PUBLICK
                  CALL      PARAMETROS_INTERVALO
                  MOVLW      D'02'
                  MOVWF      NIVEL
                  RETURN
ETQ2_NIVEL_1      MOVLW      D'02'
                  XORWF      TECLA,W
                  BTFSS      STATUS,Z
                  GOTO      ETQ3_NIVEL_1
                  MOVLW      'n'          ;CARGAR EL FLANCO NEGATIVO !
                  MOVWF      ACUM_0
                  CALL      GUARDAR_ACUM_FLANCO
                  GOTO      ETQ1_NIVEL_1
ETQ3_NIVEL_1      MOVLW      TECLA_E
                  XORWF      TECLA,W
                  BTFSS      STATUS,Z
                  RETURN

```

```

    MOVLW    D'00'
    CALL MENSAJE
    CALL RETARDO_1S
    CALL RETARDO_1S
    CALL RETARDO_1S
    CALL RETARDO_1S
    MOVLW    D'01'
    CALL MENSAJE
    MOVLW    H'02'
    MOVWF    TABLA_PUBLICK
    BSF     FLAG_PUBLICK
    CLRF    PUNTERO_PUBLICK
    CLRF    NIVEL
    MOVLW    B'00001100'    ;DISPLAY=ON CURSOR=OFF BLINK=OFF
    CALL INSTRUCCION
    RETURN

NIVEL_2    MOVLW    TECLA_F            ;TECLA #
            XORWF    TECLA,W
            BTFSS   STATUS,Z
            GOTO   ETQ1_NIVEL_2
ETQ0_NIVEL_2    CALL CONVERT_BCD_DURACION
            CALL GUARDAR_ACUM_DURACION
ETQ5_NIVEL_2
            BTFSC   FLAG_FLANCOS
            MOVLW    D'04'
            BTFSC   FLAG_mSEG
            MOVLW    D'05'
            BTFSC   FLAG_SEG
            MOVLW    D'06'
            CALL MENSAJE
            CALL LEER_STEP
            CALL GRAPH_STEP
            CALL PARAMETROS_SALIDA
            MOVLW    D'03'
            MOVWF    NIVEL
            RETURN
ETQ1_NIVEL_2    MOVLW    TECLA_E
            XORWF    TECLA,W
            BTFSS   STATUS,Z
            GOTO   ETQ3_NIVEL_2
ETQ2_NIVEL_2    GOTO   ETQ0_NIVEL_0
ETQ3_NIVEL_2    MOVLW    D'10'
            SUBWF    TECLA,W
            BTFSC   STATUS,C
            RETURN
            CALL GRAPH_CIFRAS
            RETURN

NIVEL_3    MOVLW    TECLA_F            ;TECLA #
            XORWF    TECLA,W
            BTFSS   STATUS,Z

```

```

        GOTO ETQ1_NIVEL_3
ETQ0_NIVEL_3    CALL CONVERT_BCD_SALIDA
                CALL GUARDAR_ACUM_SALIDA
                CALL PARAMETROS_DURACION
                MOVLW    D'04'
                MOVWF    NIVEL
                RETURN
ETQ1_NIVEL_3    MOVLW    TECLA_A
                XORWF    TECLA,W
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO ETQ3_NIVEL_3
ETQ2_NIVEL_3    MOVLW    D'04'
                SUBWF    BYTE_EEADR_L,F
                CALL DECREMENTAR_STEP
                MOVF    STEP,W
                BTFSC  STATUS,Z
                GOTO ETQ1_NIVEL_1
                GOTO ETQ5_NIVEL_2
ETQ3_NIVEL_3    MOVLW    TECLA_E
                XORWF    TECLA,W
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO ETQ4_NIVEL_3
                MOVF    NIVEL,W
                MOVWF   SAVE_NIVEL
                MOVLW   D'07'
                MOVWF   NIVEL
                MOVLW   D'13'
                CALL MENSAJE
                RETURN
ETQ4_NIVEL_3    MOVLW    D'10'
                SUBWF    TECLA,W
                BTFSC  STATUS,C
                RETURN
                CALL GRAPH_CIFRAS
                RETURN

NIVEL_4    MOVLW    TECLA_A    ;TECLA *
            XORWF    TECLA,W
            BTFSS   STATUS,Z
            GOTO ETQ1_NIVEL_4
ETQ0_NIVEL_4    DECF    BYTE_EEADR_L,F
                GOTO ETQ5_NIVEL_2
ETQ1_NIVEL_4    MOVLW    TECLA_F    ;TECLA #
                XORWF    TECLA,W
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO ETQ3_NIVEL_4
ETQ2_NIVEL_4    CALL INCREMENTAR_STEP
                GOTO ETQ0_NIVEL_2
ETQ3_NIVEL_4    MOVLW    TECLA_E
                XORWF    TECLA,W
                BTFSS   STATUS,Z
                GOTO ETQ4_NIVEL_3

```

```

    MOVF NIVEL,W
    MOVWF     SAVE_NIVEL
    MOVLW    D'07'
    MOVWF     NIVEL
    MOVLW    D'13'
    CALL MENSAJE
    RETURN
ETQ4_NIVEL_4    MOVLW    D'10'
    SUBWF    TECLA,W
    BTFSC STATUS,C
    RETURN
    CALL GRAPH_CIFRAS
    RETURN

NIVEL_5    MOVLW    TECLA_E    ;TECLA *
    XORWF    TECLA,W
    BTFSS STATUS,Z
    RETURN
    MOVLW    D'01'
    CALL MENSAJE
    MOVLW    H'02'
    MOVWF    TABLA_PUBLOCK
    BSF     FLAG_PUBLOCK
    CLRF    PUNTERO_PUBLOCK
    CLRF    NIVEL
    BCF     FLAG_RUN
    RETURN

NIVEL_6    MOVLW    TECLA_F    ;TECLA #
    XORWF    TECLA,W
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO ETQ1_NIVEL_6
ETQ0_NIVEL_6    BCF     FLAG_SOBREESCRIBIR
    GOTO ETQ3_NIVEL_0
ETQ1_NIVEL_6    MOVLW    TECLA_E    ;TECLA *
    XORWF    TECLA,W
    BTFSS STATUS,Z
    RETURN
    GOTO ETQ3_NIVEL_0

NIVEL_7    MOVLW    TECLA_F    ;TECLA #
    XORWF    TECLA,W
    BTFSS STATUS,Z
    GOTO ETQ1_NIVEL_7
    MOVLW    D'04'
    XORWF    SAVE_NIVEL,W
    BTFSC STATUS,Z
    DECF    BYTE_EEADR_L,F
    MOVLW    H'FF'
    CALL    BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
    MOVLW    H'FF'
    CALL    BYTE_WRITE_DATA_EEPROM

```

```

MOVLW      H'FF'
CALL  BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
MOVLW      H'FF'
CALL  BYTE_WRITE_DATA_EEPROM
MOVLW      D'00'
CALL  MENSAJE
CALL  RETARDO_1S
CALL  RETARDO_1S
CALL  RETARDO_1S
CALL  RETARDO_1S
MOVLW      D'01'
CALL  MENSAJE
MOVLW      H'02'
MOVWF     TABLA_PUBLICK
BSF  FLAG_PUBLICK
CLRF  PUNTERO_PUBLICK
CLRF  NIVEL
MOVLW     B'00001100' ;DISPLAY=ON CURSOR=OFF BLINK=OFF
CALL  INSTRUCCION
RETURN
ETQ1_NIVEL_7      MOVLW      TECLA_E      ;TECLA *
XORWF     TECLA,W
BTFS     STATUS,Z
RETURN
MOVLW     D'04'
XORWF     SAVE_NIVEL,W
BTFS     STATUS,Z
DECF  BYTE_EEADR_L,F
GOTO  ETQ5_NIVEL_2

NIVEL_8      MOVLW      D'01'
XORWF     TECLA,W
BTFS     STATUS,Z
GOTO  ETQ2_NIVEL_8
BCF  FLAG_FLANCOS
BSF  FLAG_mSEG
BCF  FLAG_SEG
CALL  LEER_MODO
GOTO  ETQ5_NIVEL_8
ETQ2_NIVEL_8      MOVLW      D'02'
XORWF     TECLA,W
BTFS     STATUS,Z
GOTO  ETQ3_NIVEL_8
BSF  FLAG_FLANCOS
BCF  FLAG_mSEG
BCF  FLAG_SEG
CALL  LEER_MODO
GOTO  ETQ5_NIVEL_8
ETQ3_NIVEL_8      MOVLW      D'03'
XORWF     TECLA,W
BTFS     STATUS,Z
GOTO  ETQ4_NIVEL_8

```

```

        BCF  FLAG_FLANCOS
        BCF  FLAG_mSEG
        BSF  FLAG_SEG
        CALL LEER_MODO
        GOTO ETQ5_NIVEL_8
ETQ4_NIVEL_8    MOVLW    TECLA_E
                XORWF    TECLA,W
                BTFSS STATUS,Z
                RETURN
ETQ5_NIVEL_8    MOVLW    D'00'
                CALL  MENSAJE
                CALL  RETARDO_1S
                CALL  RETARDO_1S
                CALL  RETARDO_1S
                CALL  RETARDO_1S
                MOVLW    D'01'
                CALL  MENSAJE
                MOVLW    H'02'
                MOVWF    TABLA_PUBLOCK
                BSF  FLAG_PUBLOCK
                CLRF  PUNTERO_PUBLOCK
                CLRF  NIVEL
                MOVLW    B'00001100' ;DISPLAY=ON CURSOR=OFF BLINK=OFF
                CALL  INSTRUCCION
                RETURN

```

```

DECREMENTAR_STEP    DECF  STEP,F
                    MOVLW    H'0F'
                    ANDWF    STEP,W
                    XORLW    H'0F'
                    BTFSS STATUS,Z
                    RETURN
                    MOVLW    H'06'
                    SUBWF    STEP,F
                    MOVLW    H'F0'
                    ANDWF    STEP,W
                    XORLW    H'F0'
                    BTFSS STATUS,Z
                    RETURN
                    MOVLW    H'60'
                    SUBWF    STEP,F
                    RETURN

```

```

INCREMENTAR_STEP    INCF  STEP,F
                    MOVLW    H'0F'
                    ANDWF    STEP,W
                    XORLW    H'0A'
                    BTFSS STATUS,Z
                    RETURN
                    MOVLW    H'06'
                    ADDWF    STEP,F
                    MOVLW    H'F0'

```

```

ANDWF     STEP,W
XORLW    H'A0'
BTSS     STATUS,Z
RETURN
MOVLW    H'60'
ADDWF    STEP,F
RETURN

GRAPH_STEP MOVLW    H'C0'
CALL     INSTRUCCION
SWAPF    STEP,W
ANDLW    H'0F'
ADDLW    '0'
CALL     ASCII
MOVF     STEP,W
ANDLW    H'0F'
ADDLW    '0'
CALL     ASCII
BTSS     FLAG_SOBREESCRIBIR
RETURN
CALL     LIMPIAR_CIFRAS
MOVLW    D'02'
MOVWF    NUMERO_CIFRAS
MOVLW    H'C6'
MOVWF    LUGAR_CIFRA_MSB
CALL     CARGAR_SALIDA_ACUM
CALL     CONVERT_SALIDA_BCD
CALL     ETQ0_GRAPH_CIFRAS
CALL     LIMPIAR_CIFRAS
MOVLW    D'06'
MOVWF    NUMERO_CIFRAS
MOVLW    H'CE'
MOVWF    LUGAR_CIFRA_MSB
CALL     CARGAR_DURACION_ACUM
CALL     CONVERT_DURACION_BCD
CALL     ETQ0_GRAPH_CIFRAS
RETURN

GRAPH_CIFRAS     BTSS FLAG_PRIMER_DIGITO
GOTO ETQ2_GRAPH_CIFRAS
BCF  FLAG_PRIMER_DIGITO
CLRF CIFRA_0
CLRF CIFRA_1
CLRF CIFRA_2
CLRF CIFRA_3
CLRF CIFRA_4
CLRF CIFRA_5
CLRF CIFRA_6
CLRF CIFRA_7
ETQ2_GRAPH_CIFRAS     MOVF CIFRA_6,W
MOVWF CIFRA_7
MOVF CIFRA_5,W

```

```

MOVWF    CIFRA_6
MOVF CIFRA_4,W
MOVWF    CIFRA_5
MOVF CIFRA_3,W
MOVWF    CIFRA_4
MOVF CIFRA_2,W
MOVWF    CIFRA_3
MOVF CIFRA_1,W
MOVWF    CIFRA_2
MOVF CIFRA_0,W
MOVWF    CIFRA_1
MOVF TECLA,W
MOVWF    CIFRA_0
ETQ0_GRAPH_CIFRAS    MOVF LUGAR_CIFRA_MSB,W
CALL INSTRUCCION
MOVLW    CIFRA_0
ADDWF    NUMERO_CIFRAS,W
MOVWF    FSR
ETQ1_GRAPH_CIFRAS    DECF FSR,F
MOVF INDF,W
ADDLW    '0'
CALL ASCII
MOVLW    CIFRA_0
XORWF    FSR,W
BTSS STATUS,Z
GOTO ETQ1_GRAPH_CIFRAS
DECF LUGAR_CIFRA_MSB,W
ADDWF    NUMERO_CIFRAS,W
CALL INSTRUCCION
RETURN

LIMPIAR_CIFRAS    CLRF CIFRA_0
CLRF CIFRA_1
CLRF CIFRA_2
CLRF CIFRA_3
CLRF CIFRA_4
CLRF CIFRA_5
CLRF CIFRA_6
CLRF CIFRA_7
CLRF ACUM_2
CLRF ACUM_1
CLRF ACUM_0
RETURN

PARAMETROS_INTERVALO BSF FLAG_PRIMER_DIGITO
MOVLW    B'00001111' ;DISPLAY=ON CURSOR=ON BLINK=ON
CALL INSTRUCCION
CALL LIMPIAR_CIFRAS
MOVLW    D'06'
MOVWF    NUMERO_CIFRAS
MOVLW    H'CE'
MOVWF    LUGAR_CIFRA_MSB

```

```

BTFSS FLAG_SOBREESCRIBIR
CALL CARGAR_INTERVALO_ACUM
CALL CONVERT_DURACION_BCD
GOTO ETQ0_GRAPH_CIFRAS

```

```

PARAMETROS_SALIDA      BSF  FLAG_PRIMER_DIGITO
MOVLW      B'00001111' ;DISPLAY=ON CURSOR=ON BLINK=ON
CALL INSTRUCCION
CALL LIMPIAR_CIFRAS
MOVLW      D'02'
MOVWF      NUMERO_CIFRAS
MOVLW      H'C6'
MOVWF      LUGAR_CIFRA_MSB
BTFSS FLAG_SOBREESCRIBIR
CALL CARGAR_SALIDA_ACUM
CALL CONVERT_SALIDA_BCD
GOTO ETQ0_GRAPH_CIFRAS

```

```

PARAMETROS_DURACION  BSF  FLAG_PRIMER_DIGITO
MOVLW      B'00001111' ;DISPLAY=ON CURSOR=ON BLINK=ON
CALL INSTRUCCION
CALL LIMPIAR_CIFRAS
MOVLW      D'06'
MOVWF      NUMERO_CIFRAS
MOVLW      H'CE'
MOVWF      LUGAR_CIFRA_MSB
BTFSS FLAG_SOBREESCRIBIR
CALL CARGAR_DURACION_ACUM
CALL CONVERT_DURACION_BCD
GOTO ETQ0_GRAPH_CIFRAS

```

;------

```

DIVISION_24_24      CLRF  ACUM_5
CLRF  ACUM_4
CLRF  ACUM_3
CLRF  COCIENTE_2
CLRF  COCIENTE_1
CLRF  COCIENTE_0
MOVLW      D'24'
MOVWF      CONT_1
ETQ0_DIVISION_24_24  BCF  STATUS,C
RLF  ACUM_0,F
RLF  ACUM_1,F
RLF  ACUM_2,F
RLF  ACUM_3,F
RLF  ACUM_4,F
RLF  ACUM_5,F
CALL RESTOTA_24_24
CALL AUMENTECOCIENTE_24_24
CALL ACTUALIZE_24_24
DECFSZ     CONT_1,F

```

```

GOTO ETQ0_DIVISION_24_24
MOVF COCIENTE_2,W
MOVWF ACUM_2
MOVF COCIENTE_1,W
MOVWF ACUM_1
MOVF COCIENTE_0,W
MOVWF ACUM_0
RETURN

RESTOTA_24_24    MOVF ACUM_3,W
MOVWF WORK_0
MOVF ACUM_4,W
MOVWF WORK_1
MOVF ACUM_5,W
MOVWF WORK_2
MOVF DIVISOR_0,W
SUBWF WORK_0,F
BTFSC STATUS,C
GOTO ETQ0RESTOTA_24_24
MOVLW D'01'
SUBWF WORK_1,F
BTFSS STATUS,C
DECF WORK_2,F
ETQ0RESTOTA_24_24    MOVF DIVISOR_1,W
SUBWF WORK_1,F
BTFSS STATUS,C
DECF WORK_2,F
MOVF DIVISOR_2,W
SUBWF WORK_2,F
RETURN

AUMENTECOCIENTE_24_24 BCF STATUS,C
RLF COCIENTE_0,F
RLF COCIENTE_1,F
RLF COCIENTE_2,F
BTFSS WORK_2,7
INCF COCIENTE_0,F
RETURN

ACTUALIZE_24_24    BTFSC WORK_2,7
RETURN
MOVF WORK_2,W
MOVWF ACUM_5
MOVF WORK_1,W
MOVWF ACUM_4
MOVF WORK_0,W
MOVWF ACUM_3
RETURN

;-----
MULTIPLI_24_24    CLRf PRODUCTO_2

```

```

    CLRF PRODUCTO_1
    CLRF PRODUCTO_0
    MOVF ACUM_2,W
    MOVWF    WORK_2
    MOVF ACUM_1,W
    MOVWF    WORK_1
    MOVF ACUM_0,W
    MOVWF    WORK_0
    MOVLW    D'24'
    MOVWF    CONT_1
ETQ0_MULTIPLI_24_24    RRF    MULTIPLICADOR_1,F
    RRF    MULTIPLICADOR_0,F
    BTFSC STATUS,C
    CALL SUMEOTROMAS_24_24
    BCF    STATUS,C
    RLF    WORK_0,F
    RLF    WORK_1,F
    RLF    WORK_2,F
    DECFSZ    CONT_1,F
    GOTO ETQ0_MULTIPLI_24_24
    MOVF PRODUCTO_2,W
    MOVWF    ACUM_2
    MOVF PRODUCTO_1,W
    MOVWF    ACUM_1
    MOVF PRODUCTO_0,W
    MOVWF    ACUM_0
    RETURN

```

```

SUMEOTROMAS_24_24    MOVF WORK_0,W
    ADDWF    PRODUCTO_0,F
    BTFSS STATUS,C
    GOTO ETQ0_SUMEOTROMAS_24_24
    INCF    PRODUCTO_1,F
    BTFSC STATUS,Z
    INCF    PRODUCTO_2,F
ETQ0_SUMEOTROMAS_24_24    MOVF WORK_1,W
    ADDWF    PRODUCTO_1,F
    BTFSC STATUS,C
    INCF    PRODUCTO_2,F
    MOVF WORK_2,W
    ADDWF    PRODUCTO_2,F
    RETURN

```

;------

```

SUMA_24_24    MOVF SUMANDO_0,W
    ADDWF    ACUM_0,F
    BTFSS STATUS,C
    GOTO ETQ0_SUMA_24_24
    INCF    ACUM_1,F
    BTFSC STATUS,Z
    INCF    ACUM_2,F

```

```

ETQ0_SUMA_24_24  MOVF SUMANDO_1,W
                  ADDWF  ACUM_1,F
                  BTFSC STATUS,C
                  INCF  ACUM_2,F
                  MOVF SUMANDO_2,W
                  ADDWF  ACUM_2,F
                  MOVF ACUM_2,W
                  MOVWF  SUMANDO_2
                  MOVF ACUM_1,W
                  MOVWF  SUMANDO_1
                  MOVF ACUM_0,W
                  MOVWF  SUMANDO_0
                  RETURN

```

-----

```

RESTA_24_24  MOVF SUSTRAENDO_0,W
              SUBWF  ACUM_0,F
              BTFSC STATUS,C
              GOTO ETQ0RESTA_24_24
              MOVLW  D'01'
              SUBWF  ACUM_1,F
              BTFSS STATUS,C
              DECF  ACUM_2,F
ETQ0RESTA_24_24  MOVF SUSTRAENDO_1,W
                 SUBWF  ACUM_1,F
                 BTFSS STATUS,C
                 DECF  ACUM_2,F
                 MOVF SUSTRAENDO_2,W
                 SUBWF  ACUM_2,F
                 RETURN

```

-----

```

ORG  H'0700'

```

```

TABLA_NIVEL  MOVLW  TABLA_NIVEL/H'100'
              MOVWF  PCLATH
              MOVF  NIVEL,W
              ADDWF  PCL,F
              GOTO  NIVEL_0
              GOTO  NIVEL_1
              GOTO  NIVEL_2
              GOTO  NIVEL_3
              GOTO  NIVEL_4
              GOTO  NIVEL_5
              GOTO  NIVEL_6
              GOTO  NIVEL_7
              GOTO  NIVEL_8

```

```

TABLA_TECLADO  MOVLW  TABLA_TECLADO/H'100'
                MOVWF  PCLATH

```

```

MOVF TECLA,W
ADDWF     PCL,F
RETLWTECLA_E
RETLWH'07'
RETLWH'04'
RETLWH'01'
RETLWH'00'
RETLWH'08'
RETLWH'05'
RETLWH'02'
RETLWTECLA_F
RETLWH'09'
RETLWH'06'
RETLWH'03'
RETLWTECLA_D
RETLWTECLA_C
RETLWTECLA_B
RETLWTECLA_A

TABLA_GENCHAR   MOVLW           TABLA_GENCHAR/H'100'
MOVWF           PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF           PCL,F

RETLWB'0000100'   ;ARRIBA
RETLWB'00001110'
RETLWB'00010101'
RETLWB'00000100'
RETLWB'00000100'
RETLWB'00000100'
RETLWB'00000100'
RETLWB'00000100'
RETLWB'00000000'

RETLW B'00000100'   ;ABAJO
RETLW B'00000100'
RETLW B'00000100'
RETLW B'00000100'
RETLW B'00010101'
RETLW B'00001110'
RETLW B'00000100'
RETLW B'00000000'

RETLW B'00010001'   ;1/2
RETLW B'00010010'
RETLW B'00010100'
RETLW B'00001011'
RETLW B'00010001'
RETLW B'00000010'
RETLW B'00000011'
RETLW B'00000000'

RETLWB'00000111'   ;FLANCO DE SUBIDA

```

```
RETLWB'00001110'  
RETLWB'00010101'  
RETLWB'00000100'  
RETLWB'00000100'  
RETLWB'00000100'  
RETLWB'00011100'  
RETLWB'00000000'
```

```
RETLW B'00011100' ;FLANCO DE BAJADA  
RETLW B'00000100'  
RETLW B'00000100'  
RETLW B'00000100'  
RETLW B'00010101'  
RETLW B'00001110'  
RETLW B'00000111'  
RETLW B'00000000'
```

```
TABLA_SALIDAS_0 MOVLW TABLA_SALIDAS_0/H'100'  
MOVWF PCLATH  
MOVF SALIDA,W  
ANDLW H'0F'  
ADDWF PCL,F  
RETLWB'00000000'  
RETLWB'10000000' ;1  
RETLWB'01000000' ;2  
RETLWB'00100000' ;3  
RETLWB'00010000' ;4  
RETLWB'00001000' ;5  
RETLWB'00000100' ;6  
RETLWB'00000010' ;7  
RETLWB'00000000' ;8  
RETLWB'00000000' ;9  
RETLWB'00000000' ;10  
RETLWB'00000000' ;11  
RETLWB'00000000' ;12  
RETLWB'00000000' ;13  
RETLWB'00000000' ;14  
RETLWB'00000000' ;15
```

```
TABLA_SALIDAS_1 MOVLW TABLA_SALIDAS_1/H'100'  
MOVWF PCLATH  
MOVF SALIDA,W  
ANDLW H'0F'  
ADDWF PCL,F  
RETLWB'00000000'  
RETLWB'00000000' ;1  
RETLWB'00000000' ;2  
RETLWB'00000000' ;3  
RETLWB'00000000' ;4  
RETLWB'00000000' ;5  
RETLWB'00000000' ;6  
RETLWB'00000000' ;7
```

```

RETLWB'10000000' ;8
RETLWB'01000000' ;9
RETLWB'00100000' ;10
RETLWB'00000000' ;11
RETLWB'00000000' ;12
RETLWB'00000000' ;13
RETLWB'00000000' ;14
RETLWB'00000000' ;15

ORG H'0800'

TABLA_MENSAJES_FIJOS MOVLW TABLA_MENSAJES_FIJOS/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF TABLA,W
ADDWF PCL,F
GOTO TABLA_0
GOTO TABLA_1
GOTO TABLA_2
GOTO TABLA_3
GOTO TABLA_4
GOTO TABLA_5
GOTO TABLA_6
GOTO TABLA_7
GOTO TABLA_8
GOTO TABLA_9
GOTO TABLA_10
GOTO TABLA_11
GOTO TABLA_12
GOTO TABLA_13
GOTO TABLA_14
GOTO TABLA_15

TABLA_0 MOVLW TABLA_0/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT " GENERADOR DE "
DT H'01',H'C0'
DT " INTERRUPCIONES "
DT H'00'

TABLA_1 MOVLW TABLA_1/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT " MENU PRINCIPAL "
DT H'00'

TABLA_2 MOVLW TABLA_2/H'100'
MOVWF PCLATH

```

```

MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT "<< 1.PROGRAMAR 2.EJECUTAR 3.MODO "
DT H'00'

TABLA_3 MOVLW TABLA_3/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT "<< ELIJA EL SEMICICLO DE INICIO ( 1.,D'03'," 2.,D'04'," )"
DT H'00'

TABLA_4 MOVLW TABLA_4/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT " SALIDA SEMICICLOS "
DT H'00'
DT " 00 000000 mS "

ORG H'900'

TABLA_5 MOVLW TABLA_5/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT " SALIDA TIEMPO "
DT H'01',H'D5'
DT "mS"
DT H'00'

TABLA_6 MOVLW TABLA_6/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT " SALIDA TIEMPO "
DT H'01',H'D5'
DT " S"
DT H'00'

TABLA_7 MOVLW TABLA_7/H'100'
MOVWF PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF PCL,F
DT H'01',H'01'
DT "INTERVALO EN SEMICICLOS."
DT H'00'

TABLA_8 MOVLW TABLA_8/H'100'

```

```

MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      H'01',H'01'
DT      " INTERVALO DE TIEMPO. "
DT      H'01',H'D5'
DT      "mS"
DT      H'00'

TABLA_9  MOVLW    TABLA_9/H'100'
MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      H'01',H'01'
DT      " INTERVALO DE TIEMPO. "
DT      H'01',H'D5'
DT      " S"
DT      H'00'

ORG      H'A00'

TABLA_10 MOVLW    TABLA_10/H'100'
MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      "<< EJECUTANDO PROGRAMACION ! PRESIONE LA TECLA * PARA DETENER
!"
DT      H'00'

TABLA_11 MOVLW    TABLA_11/H'100'
MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      "<< EXISTE EN LA MEMORIA UNA PROGRAMACION ANTERIOR, DESEA
EDITARLA ! (SI/# NO/*) "
DT      H'00'

TABLA_12 MOVLW    TABLA_12/H'100'
MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      "<< SE ELIMINARAN TODOS LOS DATOS ANTERIORES ! (SI/# NO/*) "
DT      H'00'

ORG      H'B00'

TABLA_13 MOVLW    TABLA_13/H'100'
MOVWF    PCLATH
MOVF CADENA,W
ADDWF    PCL,F
DT      H'01',H'01'
DT      " SALIR (#) /      "

```

```

DT    H'01',H'C0'
DT    "    CONTINUAR (*) "
DT    H'00'

TABLA_14    MOVLW    TABLA_14/H'100'
            MOVWF    PCLATH
            MOVF    CADENA,W
            ADDWF    PCL,F
            DT    H'01',H'01'
            DT    ">FLANCO NEGATIVO"
            DT    H'00'

TABLA_15    MOVLW    TABLA_15/H'100'
            MOVWF    PCLATH
            MOVF    CADENA,W
            ADDWF    PCL,F
            DT    "<< 1.m_SEG 2.FLANCOS 3.SEG "
            DT    H'00'

ORG    H'C00'

NOP

ORG    H'2100'

DE    'p'    ;FLANCO DE SUBIDA
DE    H'00'    ;INTERVALO DE TIEMPO EN MILISEGUNDOS MAX (65535 mSEG)
DE    H'00'
DE    H'0A'

DE    D'01'    ;SALIDA
DE    H'00'
DE    H'00'
DE    H'01'

DE    D'02'    ;SALIDA
DE    H'00'
DE    H'00'
DE    H'01'

DE    D'03'    ;SALIDA
DE    H'00'
DE    H'00'
DE    H'01'

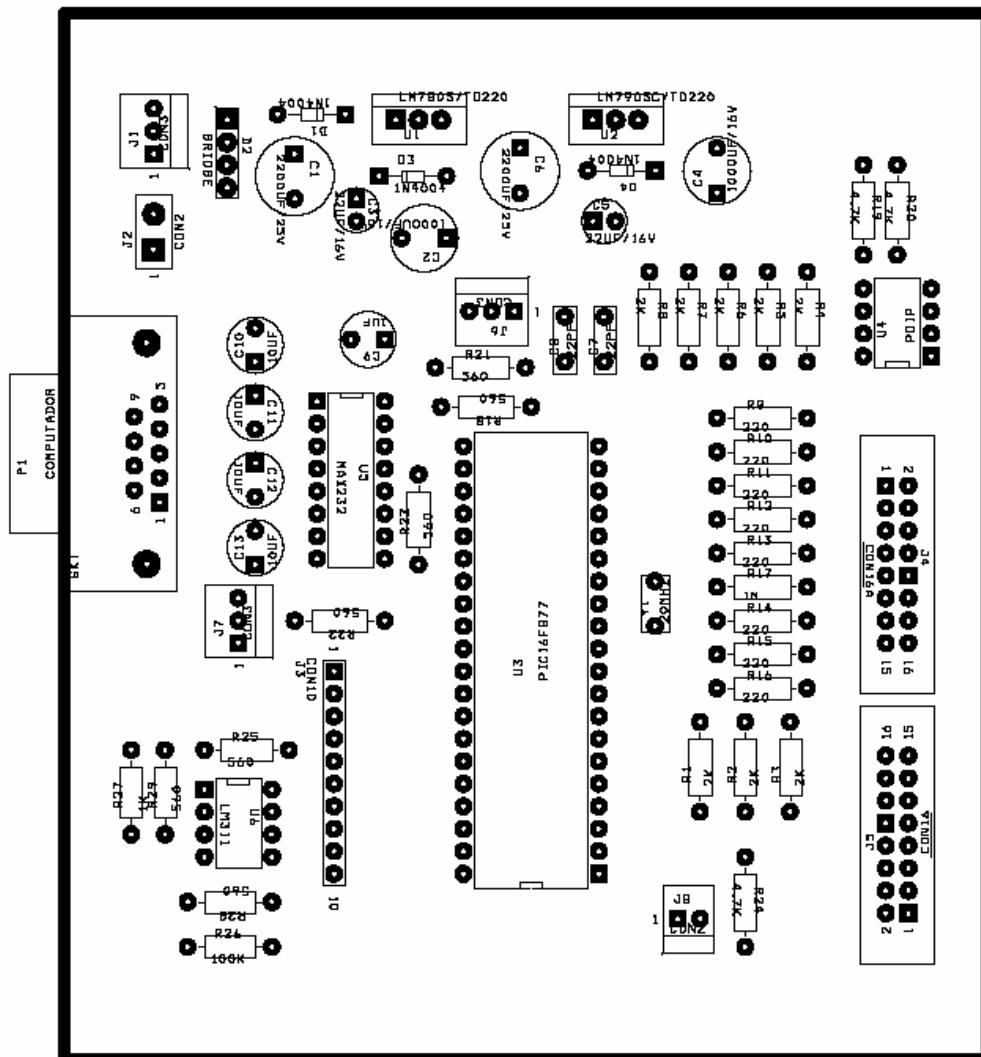
DE    D'04'    ;SALIDA
DE    H'00'
DE    H'00'
DE    H'01'

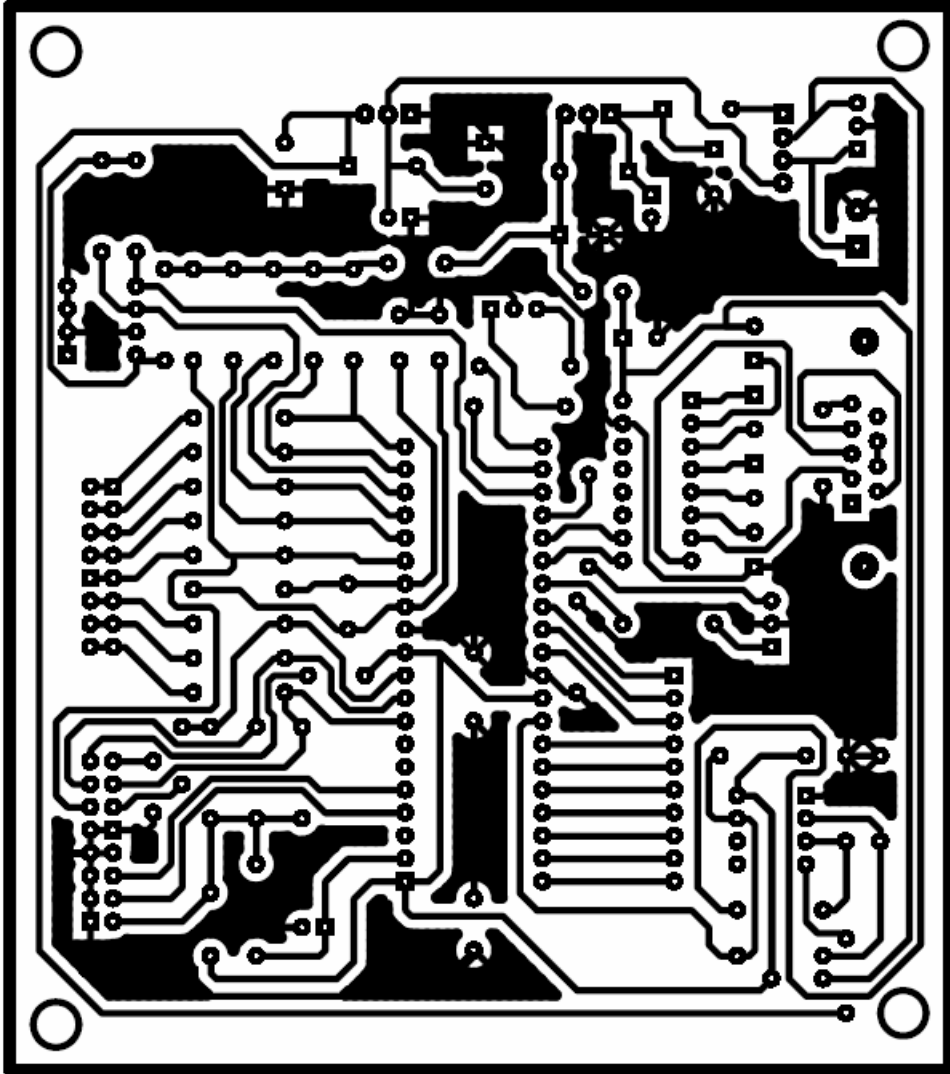
DE    D'05'    ;SALIDA
DE    H'00'

```

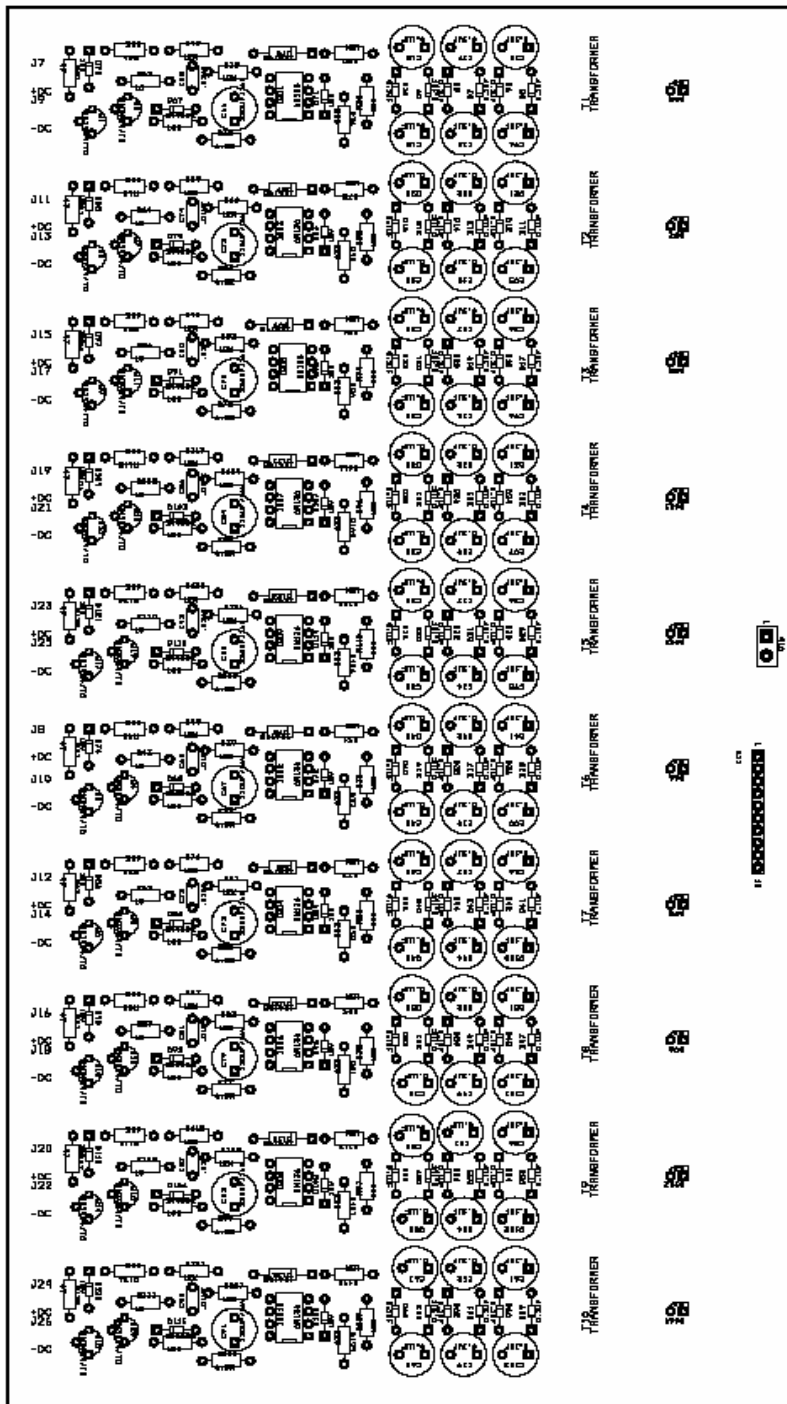
```
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'06' ;SALIDA  
DE H'00' ;  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'07' ;SALIDA  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'08' ;SALIDA  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'09' ;SALIDA  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'10' ;SALIDA  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE D'00' ;SALIDA  
DE H'00'  
DE H'00'  
DE H'01'  
  
DE H'FF'  
  
END
```

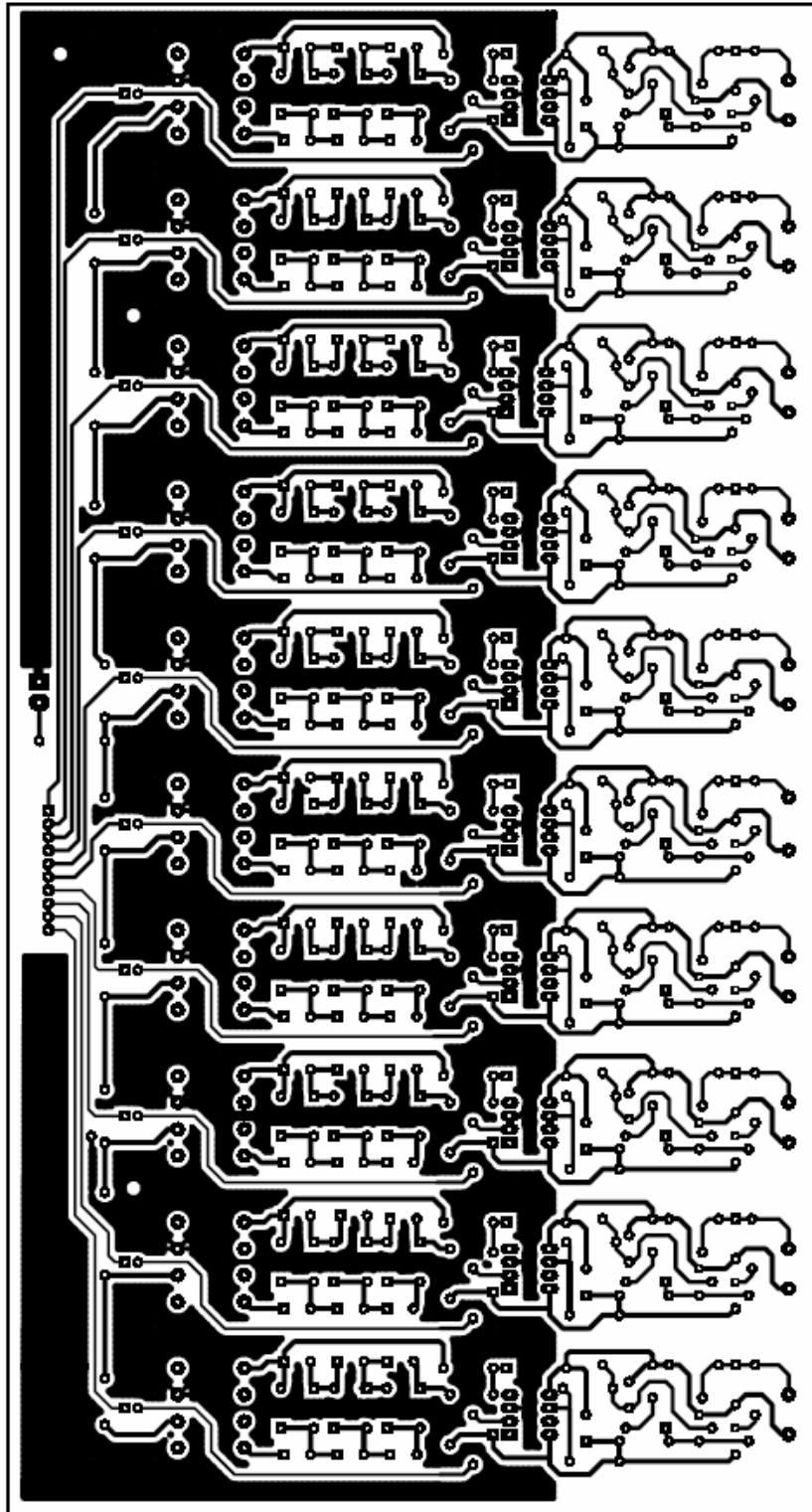
## ANEXO E. PCBS DE LA TARJETA DE CONTROL





## ANEXO F. PCBS DE LA TARJETA DE DISPARO





**ANEXO G. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE DETECCIÓN REALIZADAS  
CON EL HUCOM Vr1.3 (Detector de caídas e interrupciones de tensión)**

**ANEXO G1 DATOS PRUEBA NÚMERO UNO**

Fecha inicial de transmisión: 2006-06-21 16:04:00  
Fecha inicial de mediciones: 2006-06-21 17:03:05

Información de los Huecos:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 9,99991780923249%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 177

Duración: 1759656 ms.

- Fase S

Cantidad: 177

Duración: 1759754 ms.

- Fase T

Cantidad: 177

Duración: 1759723 ms.

Información de las Interrupciones

- Tiempo mínimo: 1 s.
- Tiempo mínimo de restitución: 1 s.
- Porcentaje mínimo: 9,99991780923249%
- Porcentaje máximo: 90,0000213086274%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 177

Duración: 17453 s.

- Fase S

Cantidad: 177

Duración: 17450 s.

- Fase T  
Cantidad: 177  
Duración: 17452 s.

Uso de la memoria:

- Huecos  
Fase R: 1593 bytes  
Fase S: 1593 bytes  
Fase T: 1593 bytes  
- Interrupciones  
Fase R: 1593 bytes  
Fase S: 1593 bytes  
Fase T: 1593 bytes

1899-12-30 00:00:00      0

Registro de interrupciones Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-21 16:04:02	99
2006-06-21 16:04:22	98
2006-06-21 16:04:42	99
2006-06-21 16:05:02	99
2006-06-21 16:05:22	99
2006-06-21 16:05:42	99
2006-06-21 16:06:02	98
2006-06-21 16:06:22	98
2006-06-21 16:06:41	99
2006-06-21 16:07:01	99
2006-06-21 16:07:21	98
2006-06-21 16:07:41	98
2006-06-21 16:08:01	99
2006-06-21 16:08:21	100
2006-06-21 16:08:41	98
2006-06-21 16:09:01	98
2006-06-21 16:09:21	99
2006-06-21 16:09:41	99
2006-06-21 16:10:01	98
2006-06-21 16:10:21	99
2006-06-21 16:10:41	99

2006-06-21 16:11:01	99
2006-06-21 16:11:21	98
2006-06-21 16:11:41	99
2006-06-21 16:12:01	98
2006-06-21 16:12:21	99
2006-06-21 16:12:41	99
2006-06-21 16:13:01	99
2006-06-21 16:13:21	97
2006-06-21 16:13:41	99
2006-06-21 16:14:01	99
2006-06-21 16:14:21	99
2006-06-21 16:14:40	97
2006-06-21 16:15:00	99
2006-06-21 16:15:20	99
2006-06-21 16:15:40	98
2006-06-21 16:16:00	99
2006-06-21 16:16:20	99
2006-06-21 16:16:40	99
2006-06-21 16:17:00	99
2006-06-21 16:17:20	99
2006-06-21 16:17:40	99
2006-06-21 16:18:00	99
2006-06-21 16:18:20	98
2006-06-21 16:18:40	99
2006-06-21 16:19:00	99
2006-06-21 16:19:20	99
2006-06-21 16:19:40	98
2006-06-21 16:20:00	99
2006-06-21 16:20:20	100
2006-06-21 16:20:40	100
2006-06-21 16:21:00	98
2006-06-21 16:21:20	100
2006-06-21 16:21:40	98
2006-06-21 16:22:00	99
2006-06-21 16:22:20	99
2006-06-21 16:22:40	98
2006-06-21 16:23:00	98
2006-06-21 16:23:19	98
2006-06-21 16:23:39	99
2006-06-21 16:23:59	98
2006-06-21 16:24:19	98
2006-06-21 16:24:39	99
2006-06-21 16:24:59	98

2006-06-21 16:25:19	98
2006-06-21 16:25:39	99
2006-06-21 16:25:59	99
2006-06-21 16:26:19	98
2006-06-21 16:26:39	99
2006-06-21 16:26:59	99
2006-06-21 16:27:19	99
2006-06-21 16:27:39	98
2006-06-21 16:27:59	99
2006-06-21 16:28:19	99
2006-06-21 16:28:39	99
2006-06-21 16:28:59	99
2006-06-21 16:29:19	99
2006-06-21 16:29:39	99
2006-06-21 16:29:58	99
2006-06-21 16:30:18	99
2006-06-21 16:30:38	99
2006-06-21 16:30:58	98
2006-06-21 16:31:18	99
2006-06-21 16:31:38	98
2006-06-21 16:31:58	99
2006-06-21 16:32:18	98
2006-06-21 16:32:38	99
2006-06-21 16:32:58	98
2006-06-21 16:33:18	99
2006-06-21 16:33:38	99
2006-06-21 16:33:58	98
2006-06-21 16:34:18	99
2006-06-21 16:34:38	99
2006-06-21 16:34:58	99
2006-06-21 16:35:18	98
2006-06-21 16:35:38	99
2006-06-21 16:35:58	98
2006-06-21 16:36:18	98
2006-06-21 16:36:38	98
2006-06-21 16:36:58	99
2006-06-21 16:37:18	99
2006-06-21 16:37:38	99
2006-06-21 16:37:58	98
2006-06-21 16:38:17	99
2006-06-21 16:38:37	99
2006-06-21 16:38:57	99
2006-06-21 16:39:17	97

2006-06-21 16:39:37	99
2006-06-21 16:39:57	99
2006-06-21 16:40:17	98
2006-06-21 16:40:37	98
2006-06-21 16:40:57	99
2006-06-21 16:41:17	99
2006-06-21 16:41:37	98
2006-06-21 16:41:57	98
2006-06-21 16:42:17	98
2006-06-21 16:42:37	99
2006-06-21 16:42:57	99
2006-06-21 16:43:17	99
2006-06-21 16:43:37	98
2006-06-21 16:43:56	98
2006-06-21 16:44:16	99
2006-06-21 16:44:36	99
2006-06-21 16:44:56	98
2006-06-21 16:45:16	99
2006-06-21 16:45:36	98
2006-06-21 16:45:56	99
2006-06-21 16:46:16	98
2006-06-21 16:46:36	99
2006-06-21 16:46:56	99
2006-06-21 16:47:16	99
2006-06-21 16:47:36	99
2006-06-21 16:47:56	98
2006-06-21 16:48:15	99
2006-06-21 16:48:35	99
2006-06-21 16:48:55	99
2006-06-21 16:49:15	98
2006-06-21 16:49:35	98
2006-06-21 16:49:55	99
2006-06-21 16:50:15	98
2006-06-21 16:50:35	98
2006-06-21 16:50:55	98
2006-06-21 16:51:15	99
2006-06-21 16:51:35	98
2006-06-21 16:51:55	98
2006-06-21 16:52:15	98
2006-06-21 16:52:35	98
2006-06-21 16:52:54	99
2006-06-21 16:53:14	98
2006-06-21 16:53:34	99

2006-06-21 16:53:54	99
2006-06-21 16:54:14	99
2006-06-21 16:54:34	98
2006-06-21 16:54:54	99
2006-06-21 16:55:14	98
2006-06-21 16:55:34	99
2006-06-21 16:55:54	99
2006-06-21 16:56:14	100
2006-06-21 16:56:34	98
2006-06-21 16:56:54	99
2006-06-21 16:57:14	98
2006-06-21 16:57:34	98
2006-06-21 16:57:54	99
2006-06-21 16:58:14	98
2006-06-21 16:58:34	98
2006-06-21 16:58:53	99
2006-06-21 16:59:13	98
2006-06-21 16:59:33	98
2006-06-21 16:59:53	99
2006-06-21 17:00:13	99
2006-06-21 17:00:33	98
2006-06-21 17:00:53	98
2006-06-21 17:01:13	98
2006-06-21 17:01:33	98
2006-06-21 17:01:53	100
2006-06-21 17:02:13	98
2006-06-21 17:02:33	98

Registro de interrupciones Fase S

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-21 16:04:02	99
2006-06-21 16:04:22	98
2006-06-21 16:04:42	99
2006-06-21 16:05:02	99
2006-06-21 16:05:22	99
2006-06-21 16:05:42	99
2006-06-21 16:06:02	98
2006-06-21 16:06:22	98
2006-06-21 16:06:41	99
2006-06-21 16:07:01	99

2006-06-21 16:07:21	98
2006-06-21 16:07:41	98
2006-06-21 16:08:01	99
2006-06-21 16:08:21	100
2006-06-21 16:08:41	98
2006-06-21 16:09:01	98
2006-06-21 16:09:21	99
2006-06-21 16:09:41	99
2006-06-21 16:10:01	98
2006-06-21 16:10:21	99
2006-06-21 16:10:41	99
2006-06-21 16:11:01	99
2006-06-21 16:11:21	98
2006-06-21 16:11:41	99
2006-06-21 16:12:01	98
2006-06-21 16:12:21	99
2006-06-21 16:12:41	98
2006-06-21 16:13:01	99
2006-06-21 16:13:21	97
2006-06-21 16:13:41	99
2006-06-21 16:14:01	99
2006-06-21 16:14:21	98
2006-06-21 16:14:40	97
2006-06-21 16:15:00	99
2006-06-21 16:15:20	99
2006-06-21 16:15:40	98
2006-06-21 16:16:00	99
2006-06-21 16:16:20	99
2006-06-21 16:16:40	99
2006-06-21 16:17:00	99
2006-06-21 16:17:20	99
2006-06-21 16:17:40	99
2006-06-21 16:18:00	99
2006-06-21 16:18:20	98
2006-06-21 16:18:40	99
2006-06-21 16:19:00	99
2006-06-21 16:19:20	99
2006-06-21 16:19:40	98
2006-06-21 16:20:00	99
2006-06-21 16:20:20	100
2006-06-21 16:20:40	100
2006-06-21 16:21:00	98
2006-06-21 16:21:20	100

2006-06-21 16:21:40	98
2006-06-21 16:22:00	99
2006-06-21 16:22:20	99
2006-06-21 16:22:40	98
2006-06-21 16:23:00	98
2006-06-21 16:23:19	98
2006-06-21 16:23:39	99
2006-06-21 16:23:59	98
2006-06-21 16:24:19	98
2006-06-21 16:24:39	99
2006-06-21 16:24:59	98
2006-06-21 16:25:19	98
2006-06-21 16:25:39	99
2006-06-21 16:25:59	99
2006-06-21 16:26:19	98
2006-06-21 16:26:39	99
2006-06-21 16:26:59	99
2006-06-21 16:27:19	99
2006-06-21 16:27:39	98
2006-06-21 16:27:59	99
2006-06-21 16:28:19	99
2006-06-21 16:28:39	99
2006-06-21 16:28:59	99
2006-06-21 16:29:19	99
2006-06-21 16:29:39	99
2006-06-21 16:29:58	99
2006-06-21 16:30:18	99
2006-06-21 16:30:38	99
2006-06-21 16:30:58	98
2006-06-21 16:31:18	99
2006-06-21 16:31:38	98
2006-06-21 16:31:58	99
2006-06-21 16:32:18	98
2006-06-21 16:32:38	99
2006-06-21 16:32:58	98
2006-06-21 16:33:18	99
2006-06-21 16:33:38	99
2006-06-21 16:33:58	98
2006-06-21 16:34:18	99
2006-06-21 16:34:38	99
2006-06-21 16:34:58	99
2006-06-21 16:35:18	98
2006-06-21 16:35:38	99

2006-06-21 16:35:58	98
2006-06-21 16:36:18	98
2006-06-21 16:36:38	98
2006-06-21 16:36:58	99
2006-06-21 16:37:18	99
2006-06-21 16:37:38	99
2006-06-21 16:37:58	98
2006-06-21 16:38:17	99
2006-06-21 16:38:37	99
2006-06-21 16:38:57	99
2006-06-21 16:39:17	97
2006-06-21 16:39:37	99
2006-06-21 16:39:57	99
2006-06-21 16:40:17	98
2006-06-21 16:40:37	98
2006-06-21 16:40:57	99
2006-06-21 16:41:17	99
2006-06-21 16:41:37	98
2006-06-21 16:41:57	98
2006-06-21 16:42:17	98
2006-06-21 16:42:37	99
2006-06-21 16:42:57	99
2006-06-21 16:43:17	99
2006-06-21 16:43:36	99
2006-06-21 16:43:56	98
2006-06-21 16:44:16	99
2006-06-21 16:44:36	99
2006-06-21 16:44:56	98
2006-06-21 16:45:16	99
2006-06-21 16:45:36	98
2006-06-21 16:45:56	99
2006-06-21 16:46:16	98
2006-06-21 16:46:36	99
2006-06-21 16:46:56	99
2006-06-21 16:47:16	99
2006-06-21 16:47:36	99
2006-06-21 16:47:56	98
2006-06-21 16:48:15	99
2006-06-21 16:48:35	99
2006-06-21 16:48:55	99
2006-06-21 16:49:15	98
2006-06-21 16:49:35	98
2006-06-21 16:49:55	99

2006-06-21 16:50:15	98
2006-06-21 16:50:35	98
2006-06-21 16:50:55	98
2006-06-21 16:51:15	99
2006-06-21 16:51:35	98
2006-06-21 16:51:55	98
2006-06-21 16:52:15	98
2006-06-21 16:52:35	98
2006-06-21 16:52:54	99
2006-06-21 16:53:14	98
2006-06-21 16:53:34	99
2006-06-21 16:53:54	98
2006-06-21 16:54:14	99
2006-06-21 16:54:34	98
2006-06-21 16:54:54	99
2006-06-21 16:55:14	98
2006-06-21 16:55:34	98
2006-06-21 16:55:54	99
2006-06-21 16:56:14	100
2006-06-21 16:56:34	98
2006-06-21 16:56:54	99
2006-06-21 16:57:14	98
2006-06-21 16:57:34	98
2006-06-21 16:57:54	99
2006-06-21 16:58:14	98
2006-06-21 16:58:34	98
2006-06-21 16:58:53	99
2006-06-21 16:59:13	98
2006-06-21 16:59:33	98
2006-06-21 16:59:53	99
2006-06-21 17:00:13	99
2006-06-21 17:00:33	98
2006-06-21 17:00:53	98
2006-06-21 17:01:13	98
2006-06-21 17:01:33	98
2006-06-21 17:01:53	100
2006-06-21 17:02:13	98
2006-06-21 17:02:33	98

Registro de interrupciones Fase T

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.

-----	
2006-06-21 16:04:02	99
2006-06-21 16:04:22	98
2006-06-21 16:04:42	99
2006-06-21 16:05:02	99
2006-06-21 16:05:22	99
2006-06-21 16:05:42	99
2006-06-21 16:06:02	98
2006-06-21 16:06:22	98
2006-06-21 16:06:41	99
2006-06-21 16:07:01	99
2006-06-21 16:07:21	98
2006-06-21 16:07:41	98
2006-06-21 16:08:01	99
2006-06-21 16:08:21	100
2006-06-21 16:08:41	99
2006-06-21 16:09:01	98
2006-06-21 16:09:21	99
2006-06-21 16:09:41	99
2006-06-21 16:10:01	98
2006-06-21 16:10:21	99
2006-06-21 16:10:41	99
2006-06-21 16:11:01	99
2006-06-21 16:11:21	98
2006-06-21 16:11:41	99
2006-06-21 16:12:01	98
2006-06-21 16:12:21	99
2006-06-21 16:12:41	99
2006-06-21 16:13:01	99
2006-06-21 16:13:21	97
2006-06-21 16:13:41	99
2006-06-21 16:14:01	99
2006-06-21 16:14:21	98
2006-06-21 16:14:40	97
2006-06-21 16:15:00	99
2006-06-21 16:15:20	99
2006-06-21 16:15:40	98
2006-06-21 16:16:00	99
2006-06-21 16:16:20	99
2006-06-21 16:16:40	99
2006-06-21 16:17:00	99
2006-06-21 16:17:20	99
2006-06-21 16:17:40	99

2006-06-21 16:18:00	99
2006-06-21 16:18:20	98
2006-06-21 16:18:40	99
2006-06-21 16:19:00	99
2006-06-21 16:19:20	99
2006-06-21 16:19:40	98
2006-06-21 16:20:00	99
2006-06-21 16:20:20	100
2006-06-21 16:20:40	100
2006-06-21 16:21:00	98
2006-06-21 16:21:20	100
2006-06-21 16:21:40	98
2006-06-21 16:22:00	99
2006-06-21 16:22:20	99
2006-06-21 16:22:40	98
2006-06-21 16:23:00	98
2006-06-21 16:23:19	98
2006-06-21 16:23:39	99
2006-06-21 16:23:59	98
2006-06-21 16:24:19	98
2006-06-21 16:24:39	99
2006-06-21 16:24:59	98
2006-06-21 16:25:19	98
2006-06-21 16:25:39	99
2006-06-21 16:25:59	99
2006-06-21 16:26:19	98
2006-06-21 16:26:39	99
2006-06-21 16:26:59	99
2006-06-21 16:27:19	99
2006-06-21 16:27:39	98
2006-06-21 16:27:59	99
2006-06-21 16:28:19	99
2006-06-21 16:28:39	99
2006-06-21 16:28:59	99
2006-06-21 16:29:19	99
2006-06-21 16:29:39	99
2006-06-21 16:29:58	99
2006-06-21 16:30:18	99
2006-06-21 16:30:38	99
2006-06-21 16:30:58	98
2006-06-21 16:31:18	99
2006-06-21 16:31:38	98
2006-06-21 16:31:58	99

2006-06-21 16:32:18	98
2006-06-21 16:32:38	99
2006-06-21 16:32:58	98
2006-06-21 16:33:18	99
2006-06-21 16:33:38	99
2006-06-21 16:33:58	98
2006-06-21 16:34:18	99
2006-06-21 16:34:38	99
2006-06-21 16:34:58	99
2006-06-21 16:35:18	98
2006-06-21 16:35:38	99
2006-06-21 16:35:58	98
2006-06-21 16:36:18	98
2006-06-21 16:36:38	98
2006-06-21 16:36:58	99
2006-06-21 16:37:18	99
2006-06-21 16:37:38	99
2006-06-21 16:37:58	98
2006-06-21 16:38:17	99
2006-06-21 16:38:37	99
2006-06-21 16:38:57	99
2006-06-21 16:39:17	97
2006-06-21 16:39:37	99
2006-06-21 16:39:57	99
2006-06-21 16:40:17	98
2006-06-21 16:40:37	98
2006-06-21 16:40:57	99
2006-06-21 16:41:17	99
2006-06-21 16:41:37	98
2006-06-21 16:41:57	98
2006-06-21 16:42:17	98
2006-06-21 16:42:37	99
2006-06-21 16:42:57	99
2006-06-21 16:43:17	99
2006-06-21 16:43:36	99
2006-06-21 16:43:56	98
2006-06-21 16:44:16	99
2006-06-21 16:44:36	99
2006-06-21 16:44:56	98
2006-06-21 16:45:16	99
2006-06-21 16:45:36	98
2006-06-21 16:45:56	99
2006-06-21 16:46:16	98

2006-06-21 16:46:36	99
2006-06-21 16:46:56	99
2006-06-21 16:47:16	99
2006-06-21 16:47:36	99
2006-06-21 16:47:56	98
2006-06-21 16:48:15	99
2006-06-21 16:48:35	99
2006-06-21 16:48:55	99
2006-06-21 16:49:15	98
2006-06-21 16:49:35	98
2006-06-21 16:49:55	99
2006-06-21 16:50:15	98
2006-06-21 16:50:35	98
2006-06-21 16:50:55	98
2006-06-21 16:51:15	99
2006-06-21 16:51:35	98
2006-06-21 16:51:55	98
2006-06-21 16:52:15	98
2006-06-21 16:52:35	98
2006-06-21 16:52:54	99
2006-06-21 16:53:14	98
2006-06-21 16:53:34	99
2006-06-21 16:53:54	98
2006-06-21 16:54:14	99
2006-06-21 16:54:34	98
2006-06-21 16:54:54	99
2006-06-21 16:55:14	98
2006-06-21 16:55:34	98
2006-06-21 16:55:54	99
2006-06-21 16:56:14	100
2006-06-21 16:56:34	98
2006-06-21 16:56:54	99
2006-06-21 16:57:14	98
2006-06-21 16:57:34	98
2006-06-21 16:57:54	99
2006-06-21 16:58:14	98
2006-06-21 16:58:34	98
2006-06-21 16:58:53	99
2006-06-21 16:59:13	98
2006-06-21 16:59:33	98
2006-06-21 16:59:53	99
2006-06-21 17:00:13	99
2006-06-21 17:00:33	98

2006-06-21 17:00:53	98
2006-06-21 17:01:13	98
2006-06-21 17:01:33	98
2006-06-21 17:01:53	100
2006-06-21 17:02:13	98
2006-06-21 17:02:33	98

Registro de huecos Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-21 16:04:02	9980
2006-06-21 16:04:22	9947
2006-06-21 16:04:42	9992
2006-06-21 16:05:02	9931
2006-06-21 16:05:22	9930
2006-06-21 16:05:42	9957
2006-06-21 16:06:02	9842
2006-06-21 16:06:22	9911
2006-06-21 16:06:41	9995
2006-06-21 16:07:01	9924
2006-06-21 16:07:21	9941
2006-06-21 16:07:41	9889
2006-06-21 16:08:01	9988
2006-06-21 16:08:21	10005
2006-06-21 16:08:41	9958
2006-06-21 16:09:01	9892
2006-06-21 16:09:21	9957
2006-06-21 16:09:41	9973
2006-06-21 16:10:01	9946
2006-06-21 16:10:21	9944
2006-06-21 16:10:41	9988
2006-06-21 16:11:01	9973
2006-06-21 16:11:21	9939
2006-06-21 16:11:41	9969
2006-06-21 16:12:01	9955
2006-06-21 16:12:21	9945
2006-06-21 16:12:41	9958
2006-06-21 16:13:01	9939
2006-06-21 16:13:21	9788
2006-06-21 16:13:41	9968
2006-06-21 16:14:01	9992

2006-06-21 16:14:21	9957
2006-06-21 16:14:40	9767
2006-06-21 16:15:00	10006
2006-06-21 16:15:20	9936
2006-06-21 16:15:40	9900
2006-06-21 16:16:00	10001
2006-06-21 16:16:20	9969
2006-06-21 16:16:40	9935
2006-06-21 16:17:00	9989
2006-06-21 16:17:20	9988
2006-06-21 16:17:40	9987
2006-06-21 16:18:00	9974
2006-06-21 16:18:20	9959
2006-06-21 16:18:40	9959
2006-06-21 16:19:00	9940
2006-06-21 16:19:20	9935
2006-06-21 16:19:40	9953
2006-06-21 16:20:00	9921
2006-06-21 16:20:20	9991
2006-06-21 16:20:40	10009
2006-06-21 16:21:00	9958
2006-06-21 16:21:20	10011
2006-06-21 16:21:40	9956
2006-06-21 16:22:00	9929
2006-06-21 16:22:20	9995
2006-06-21 16:22:40	9936
2006-06-21 16:23:00	9904
2006-06-21 16:23:19	9834
2006-06-21 16:23:39	9969
2006-06-21 16:23:59	9921
2006-06-21 16:24:19	9906
2006-06-21 16:24:39	9969
2006-06-21 16:24:59	9885
2006-06-21 16:25:19	9934
2006-06-21 16:25:39	9966
2006-06-21 16:25:59	9976
2006-06-21 16:26:19	9945
2006-06-21 16:26:39	9975
2006-06-21 16:26:59	9962
2006-06-21 16:27:19	9970
2006-06-21 16:27:39	9940
2006-06-21 16:27:59	9923
2006-06-21 16:28:19	9976

2006-06-21 16:28:39	9993
2006-06-21 16:28:59	9907
2006-06-21 16:29:19	9964
2006-06-21 16:29:39	9938
2006-06-21 16:29:58	9974
2006-06-21 16:30:18	9980
2006-06-21 16:30:38	9909
2006-06-21 16:30:58	9961
2006-06-21 16:31:18	9942
2006-06-21 16:31:38	9927
2006-06-21 16:31:58	9940
2006-06-21 16:32:18	9887
2006-06-21 16:32:38	9987
2006-06-21 16:32:58	9957
2006-06-21 16:33:18	9989
2006-06-21 16:33:38	9955
2006-06-21 16:33:58	9938
2006-06-21 16:34:18	9975
2006-06-21 16:34:38	10008
2006-06-21 16:34:58	9953
2006-06-21 16:35:18	9934
2006-06-21 16:35:38	9953
2006-06-21 16:35:58	9923
2006-06-21 16:36:18	9874
2006-06-21 16:36:38	9929
2006-06-21 16:36:58	9993
2006-06-21 16:37:18	9941
2006-06-21 16:37:38	9961
2006-06-21 16:37:58	9924
2006-06-21 16:38:17	9938
2006-06-21 16:38:37	9946
2006-06-21 16:38:57	9961
2006-06-21 16:39:17	9825
2006-06-21 16:39:37	10003
2006-06-21 16:39:57	9938
2006-06-21 16:40:17	9943
2006-06-21 16:40:37	9914
2006-06-21 16:40:57	9959
2006-06-21 16:41:17	9956
2006-06-21 16:41:37	9901
2006-06-21 16:41:57	9892
2006-06-21 16:42:17	9939
2006-06-21 16:42:37	9936

2006-06-21 16:42:57	9943
2006-06-21 16:43:17	9956
2006-06-21 16:43:36	9920
2006-06-21 16:43:56	9936
2006-06-21 16:44:16	9971
2006-06-21 16:44:36	9971
2006-06-21 16:44:56	9954
2006-06-21 16:45:16	9910
2006-06-21 16:45:36	9912
2006-06-21 16:45:56	9982
2006-06-21 16:46:16	9915
2006-06-21 16:46:36	9949
2006-06-21 16:46:56	9977
2006-06-21 16:47:16	9990
2006-06-21 16:47:36	9996
2006-06-21 16:47:56	9955
2006-06-21 16:48:15	9904
2006-06-21 16:48:35	9939
2006-06-21 16:48:55	9938
2006-06-21 16:49:15	9928
2006-06-21 16:49:35	9897
2006-06-21 16:49:55	9961
2006-06-21 16:50:15	9910
2006-06-21 16:50:35	9892
2006-06-21 16:50:55	9904
2006-06-21 16:51:15	9992
2006-06-21 16:51:35	9908
2006-06-21 16:51:55	9868
2006-06-21 16:52:15	9890
2006-06-21 16:52:35	9921
2006-06-21 16:52:54	9956
2006-06-21 16:53:14	9907
2006-06-21 16:53:34	9995
2006-06-21 16:53:54	9916
2006-06-21 16:54:14	9955
2006-06-21 16:54:34	9925
2006-06-21 16:54:54	9922
2006-06-21 16:55:14	9933
2006-06-21 16:55:34	9934
2006-06-21 16:55:54	9922
2006-06-21 16:56:14	9995
2006-06-21 16:56:34	9977
2006-06-21 16:56:54	9938

2006-06-21 16:57:14	9918
2006-06-21 16:57:34	9935
2006-06-21 16:57:54	9934
2006-06-21 16:58:14	9922
2006-06-21 16:58:34	9837
2006-06-21 16:58:53	9884
2006-06-21 16:59:13	9838
2006-06-21 16:59:33	9963
2006-06-21 16:59:53	9932
2006-06-21 17:00:13	9945
2006-06-21 17:00:33	9931
2006-06-21 17:00:53	9903
2006-06-21 17:01:13	9867
2006-06-21 17:01:33	9922
2006-06-21 17:01:53	10007
2006-06-21 17:02:13	9939
2006-06-21 17:02:33	9916

#### Registro de huecos Fase S

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-21 16:04:02	9981
2006-06-21 16:04:22	9947
2006-06-21 16:04:42	9993
2006-06-21 16:05:02	9931
2006-06-21 16:05:22	9930
2006-06-21 16:05:42	9956
2006-06-21 16:06:02	9843
2006-06-21 16:06:22	9912
2006-06-21 16:06:41	9996
2006-06-21 16:07:01	9925
2006-06-21 16:07:21	9942
2006-06-21 16:07:41	9889
2006-06-21 16:08:01	9988
2006-06-21 16:08:21	10007
2006-06-21 16:08:41	9959
2006-06-21 16:09:01	9893
2006-06-21 16:09:21	9959
2006-06-21 16:09:41	9974
2006-06-21 16:10:01	9947
2006-06-21 16:10:21	9944

2006-06-21 16:10:41	9988
2006-06-21 16:11:01	9974
2006-06-21 16:11:21	9940
2006-06-21 16:11:41	9970
2006-06-21 16:12:01	9955
2006-06-21 16:12:21	9947
2006-06-21 16:12:41	9958
2006-06-21 16:13:01	9939
2006-06-21 16:13:21	9789
2006-06-21 16:13:41	9968
2006-06-21 16:14:01	9993
2006-06-21 16:14:21	9957
2006-06-21 16:14:40	9767
2006-06-21 16:15:00	10006
2006-06-21 16:15:20	9937
2006-06-21 16:15:40	9902
2006-06-21 16:16:00	10003
2006-06-21 16:16:20	9970
2006-06-21 16:16:40	9936
2006-06-21 16:17:00	9989
2006-06-21 16:17:20	9989
2006-06-21 16:17:40	9987
2006-06-21 16:18:00	9975
2006-06-21 16:18:20	9960
2006-06-21 16:18:40	9960
2006-06-21 16:19:00	9940
2006-06-21 16:19:20	9936
2006-06-21 16:19:40	9954
2006-06-21 16:20:00	9922
2006-06-21 16:20:20	9992
2006-06-21 16:20:40	10008
2006-06-21 16:21:00	9959
2006-06-21 16:21:20	10010
2006-06-21 16:21:40	9957
2006-06-21 16:22:00	9928
2006-06-21 16:22:20	9996
2006-06-21 16:22:40	9937
2006-06-21 16:23:00	9903
2006-06-21 16:23:19	9835
2006-06-21 16:23:39	9969
2006-06-21 16:23:59	9922
2006-06-21 16:24:19	9906
2006-06-21 16:24:39	9971

2006-06-21 16:24:59	9885
2006-06-21 16:25:19	9936
2006-06-21 16:25:39	9966
2006-06-21 16:25:59	9977
2006-06-21 16:26:19	9946
2006-06-21 16:26:39	9976
2006-06-21 16:26:59	9961
2006-06-21 16:27:19	9971
2006-06-21 16:27:39	9940
2006-06-21 16:27:59	9923
2006-06-21 16:28:19	9976
2006-06-21 16:28:39	9994
2006-06-21 16:28:59	9908
2006-06-21 16:29:19	9964
2006-06-21 16:29:39	9939
2006-06-21 16:29:58	9973
2006-06-21 16:30:18	9981
2006-06-21 16:30:38	9910
2006-06-21 16:30:58	9962
2006-06-21 16:31:18	9943
2006-06-21 16:31:38	9929
2006-06-21 16:31:58	9941
2006-06-21 16:32:18	9887
2006-06-21 16:32:38	9988
2006-06-21 16:32:58	9958
2006-06-21 16:33:18	9989
2006-06-21 16:33:38	9954
2006-06-21 16:33:58	9939
2006-06-21 16:34:18	9975
2006-06-21 16:34:38	10009
2006-06-21 16:34:58	9954
2006-06-21 16:35:18	9936
2006-06-21 16:35:38	9955
2006-06-21 16:35:58	9922
2006-06-21 16:36:18	9876
2006-06-21 16:36:38	9928
2006-06-21 16:36:58	9993
2006-06-21 16:37:18	9941
2006-06-21 16:37:38	9962
2006-06-21 16:37:58	9924
2006-06-21 16:38:17	9939
2006-06-21 16:38:37	9947
2006-06-21 16:38:57	9961

2006-06-21 16:39:17	9826
2006-06-21 16:39:37	10004
2006-06-21 16:39:57	9939
2006-06-21 16:40:17	9944
2006-06-21 16:40:37	9913
2006-06-21 16:40:57	9959
2006-06-21 16:41:17	9957
2006-06-21 16:41:37	9901
2006-06-21 16:41:57	9893
2006-06-21 16:42:17	9940
2006-06-21 16:42:37	9937
2006-06-21 16:42:57	9943
2006-06-21 16:43:17	9957
2006-06-21 16:43:37	9920
2006-06-21 16:43:56	9935
2006-06-21 16:44:16	9972
2006-06-21 16:44:36	9972
2006-06-21 16:44:56	9955
2006-06-21 16:45:16	9910
2006-06-21 16:45:36	9912
2006-06-21 16:45:56	9981
2006-06-21 16:46:16	9915
2006-06-21 16:46:36	9949
2006-06-21 16:46:56	9977
2006-06-21 16:47:16	9990
2006-06-21 16:47:36	9997
2006-06-21 16:47:56	9956
2006-06-21 16:48:15	9905
2006-06-21 16:48:35	9939
2006-06-21 16:48:55	9939
2006-06-21 16:49:15	9929
2006-06-21 16:49:35	9897
2006-06-21 16:49:55	9960
2006-06-21 16:50:15	9911
2006-06-21 16:50:35	9892
2006-06-21 16:50:55	9905
2006-06-21 16:51:15	9992
2006-06-21 16:51:35	9908
2006-06-21 16:51:55	9868
2006-06-21 16:52:15	9892
2006-06-21 16:52:35	9920
2006-06-21 16:52:54	9957
2006-06-21 16:53:14	9907

2006-06-21 16:53:34	9995
2006-06-21 16:53:54	9919
2006-06-21 16:54:14	9956
2006-06-21 16:54:34	9924
2006-06-21 16:54:54	9923
2006-06-21 16:55:14	9934
2006-06-21 16:55:34	9934
2006-06-21 16:55:54	9920
2006-06-21 16:56:14	9996
2006-06-21 16:56:34	9977
2006-06-21 16:56:54	9939
2006-06-21 16:57:14	9919
2006-06-21 16:57:34	9935
2006-06-21 16:57:54	9934
2006-06-21 16:58:14	9923
2006-06-21 16:58:34	9837
2006-06-21 16:58:53	9884
2006-06-21 16:59:13	9838
2006-06-21 16:59:33	9963
2006-06-21 16:59:53	9932
2006-06-21 17:00:13	9945
2006-06-21 17:00:33	9933
2006-06-21 17:00:53	9903
2006-06-21 17:01:13	9869
2006-06-21 17:01:33	9922
2006-06-21 17:01:53	10009
2006-06-21 17:02:13	9940
2006-06-21 17:02:33	9918

#### Registro de huecos Fase T

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-21 16:04:02	9981
2006-06-21 16:04:22	9948
2006-06-21 16:04:42	9993
2006-06-21 16:05:02	9932
2006-06-21 16:05:22	9931
2006-06-21 16:05:42	9957
2006-06-21 16:06:02	9842
2006-06-21 16:06:22	9913
2006-06-21 16:06:41	9995

2006-06-21 16:07:01	9923
2006-06-21 16:07:21	9942
2006-06-21 16:07:41	9890
2006-06-21 16:08:01	9989
2006-06-21 16:08:21	10007
2006-06-21 16:08:41	9959
2006-06-21 16:09:01	9892
2006-06-21 16:09:21	9959
2006-06-21 16:09:41	9973
2006-06-21 16:10:01	9946
2006-06-21 16:10:21	9945
2006-06-21 16:10:41	9987
2006-06-21 16:11:01	9973
2006-06-21 16:11:21	9940
2006-06-21 16:11:41	9969
2006-06-21 16:12:01	9955
2006-06-21 16:12:21	9947
2006-06-21 16:12:41	9957
2006-06-21 16:13:01	9940
2006-06-21 16:13:21	9788
2006-06-21 16:13:41	9967
2006-06-21 16:14:01	9993
2006-06-21 16:14:21	9958
2006-06-21 16:14:40	9766
2006-06-21 16:15:00	10006
2006-06-21 16:15:20	9936
2006-06-21 16:15:40	9902
2006-06-21 16:16:00	10003
2006-06-21 16:16:20	9970
2006-06-21 16:16:40	9936
2006-06-21 16:17:00	9988
2006-06-21 16:17:20	9988
2006-06-21 16:17:40	9987
2006-06-21 16:18:00	9974
2006-06-21 16:18:20	9960
2006-06-21 16:18:40	9959
2006-06-21 16:19:00	9941
2006-06-21 16:19:20	9935
2006-06-21 16:19:40	9954
2006-06-21 16:20:00	9922
2006-06-21 16:20:20	9992
2006-06-21 16:20:40	10009
2006-06-21 16:21:00	9959

2006-06-21 16:21:20	10011
2006-06-21 16:21:40	9956
2006-06-21 16:22:00	9929
2006-06-21 16:22:20	9996
2006-06-21 16:22:40	9936
2006-06-21 16:23:00	9903
2006-06-21 16:23:19	9834
2006-06-21 16:23:39	9970
2006-06-21 16:23:59	9921
2006-06-21 16:24:19	9906
2006-06-21 16:24:39	9971
2006-06-21 16:24:59	9886
2006-06-21 16:25:19	9936
2006-06-21 16:25:39	9967
2006-06-21 16:25:59	9977
2006-06-21 16:26:19	9946
2006-06-21 16:26:39	9975
2006-06-21 16:26:59	9961
2006-06-21 16:27:19	9971
2006-06-21 16:27:39	9940
2006-06-21 16:27:59	9922
2006-06-21 16:28:19	9976
2006-06-21 16:28:39	9994
2006-06-21 16:28:59	9908
2006-06-21 16:29:19	9965
2006-06-21 16:29:39	9938
2006-06-21 16:29:58	9973
2006-06-21 16:30:18	9979
2006-06-21 16:30:38	9910
2006-06-21 16:30:58	9961
2006-06-21 16:31:18	9942
2006-06-21 16:31:38	9929
2006-06-21 16:31:58	9941
2006-06-21 16:32:18	9886
2006-06-21 16:32:38	9988
2006-06-21 16:32:58	9957
2006-06-21 16:33:18	9990
2006-06-21 16:33:38	9955
2006-06-21 16:33:58	9939
2006-06-21 16:34:18	9976
2006-06-21 16:34:38	10009
2006-06-21 16:34:58	9954
2006-06-21 16:35:18	9936

2006-06-21 16:35:38	9955
2006-06-21 16:35:58	9922
2006-06-21 16:36:18	9874
2006-06-21 16:36:38	9927
2006-06-21 16:36:58	9994
2006-06-21 16:37:18	9941
2006-06-21 16:37:38	9962
2006-06-21 16:37:58	9923
2006-06-21 16:38:17	9938
2006-06-21 16:38:37	9948
2006-06-21 16:38:57	9961
2006-06-21 16:39:17	9825
2006-06-21 16:39:37	10004
2006-06-21 16:39:57	9939
2006-06-21 16:40:17	9944
2006-06-21 16:40:37	9913
2006-06-21 16:40:57	9958
2006-06-21 16:41:17	9956
2006-06-21 16:41:37	9901
2006-06-21 16:41:57	9891
2006-06-21 16:42:17	9940
2006-06-21 16:42:37	9937
2006-06-21 16:42:57	9942
2006-06-21 16:43:17	9955
2006-06-21 16:43:36	9921
2006-06-21 16:43:56	9935
2006-06-21 16:44:16	9972
2006-06-21 16:44:36	9972
2006-06-21 16:44:56	9954
2006-06-21 16:45:16	9910
2006-06-21 16:45:36	9913
2006-06-21 16:45:56	9982
2006-06-21 16:46:16	9915
2006-06-21 16:46:36	9947
2006-06-21 16:46:56	9977
2006-06-21 16:47:16	9990
2006-06-21 16:47:36	9995
2006-06-21 16:47:56	9955
2006-06-21 16:48:15	9904
2006-06-21 16:48:35	9940
2006-06-21 16:48:55	9939
2006-06-21 16:49:15	9928
2006-06-21 16:49:35	9895

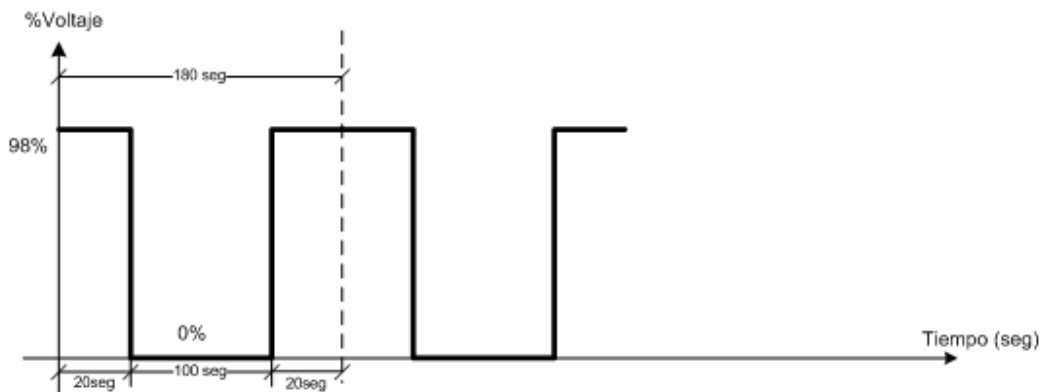
2006-06-21 16:49:55	9961
2006-06-21 16:50:15	9911
2006-06-21 16:50:35	9892
2006-06-21 16:50:55	9905
2006-06-21 16:51:15	9992
2006-06-21 16:51:35	9908
2006-06-21 16:51:55	9868
2006-06-21 16:52:15	9892
2006-06-21 16:52:35	9922
2006-06-21 16:52:54	9957
2006-06-21 16:53:14	9907
2006-06-21 16:53:34	9994
2006-06-21 16:53:54	9918
2006-06-21 16:54:14	9955
2006-06-21 16:54:34	9923
2006-06-21 16:54:54	9923
2006-06-21 16:55:14	9933
2006-06-21 16:55:34	9935
2006-06-21 16:55:54	9921
2006-06-21 16:56:14	9996
2006-06-21 16:56:34	9977
2006-06-21 16:56:54	9939
2006-06-21 16:57:14	9918
2006-06-21 16:57:34	9935
2006-06-21 16:57:54	9933
2006-06-21 16:58:14	9922
2006-06-21 16:58:34	9838
2006-06-21 16:58:53	9884
2006-06-21 16:59:13	9839
2006-06-21 16:59:33	9962
2006-06-21 16:59:53	9931
2006-06-21 17:00:13	9945
2006-06-21 17:00:33	9933
2006-06-21 17:00:53	9904
2006-06-21 17:01:13	9868
2006-06-21 17:01:33	9923
2006-06-21 17:01:53	10009
2006-06-21 17:02:13	9940
2006-06-21 17:02:33	9918

## ANEXO G2 PRUEBA DE DETECCIÓN NÚMERO DOS

Generación de una falla rectangular de 180 segundos de periodo y duración de 100 segundos.

Para este tipo de falla programada se espera que el equipo registre por igual en cantidad tanto huecos como interrupciones y la duración aproximada de ambos fenómenos sea aproximadamente igual. El equipo se encontraba operando sin carga.

Figura 67 Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 180 segundos de periodo



Fuente: Autores del proyecto

En resumen se programa lo siguiente:

- Duración de la falla: 100 segundos.
- Intervalo entre fallas: 180 segundos.

El generador de interrupciones y caídas de tensión se programo de la siguiente manera:

Modo de operación: Segundos

Periodo: 180 Segundos

Tabla 10 Programación del generador prueba de detección número dos

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	40	98%
02	01	100	0%
03	06	40	98%

Fuente: Autores del proyecto

Fecha inicial de mediciones: 2006-06-29 14:01:15

Los huecos de tensión se programan así:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 10%

Tabla 11 Información de los huecos detectados prueba dos

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	21	21	21
Duración Total	35,01 minutos	35,01 minutos	35,01 minutos
Duración promedio	1,66 minutos	1,66 minutos	1,66 minutos
Desviación de la duración respecto al ideal (100seg)	0,056%	0,056%	0,057%
Intervalo promedio entre fallas	180,1s	180,15s	180,1s
Desviación del intervalo respecto al ideal (180seg)	0,056%	0,083%	0,056%

Fuente: Autores del proyecto

Información de interrupciones programadas:

- Tiempo mínimo: 1 s.
- Tiempo mínimo de restitución: 1 s.
- Porcentaje mínimo: 10%
- Porcentaje máximo: 90%

Tabla 12 Información de las interrupciones detectados prueba dos

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	21	21	21
Duración Total	34,99 minutos	34,99 minutos	34,99 minutos
Duración promedio	99,97s	99,97s	99,97s
Desviación de la duración respecto al ideal (100seg)	-0,03%	-0,03%	-0,03%
Intervalo promedio entre fallas	180,15s	180,15s	180,15s
Desviación del intervalo respecto al ideal (180seg)	0,083%	0,083%	0,083%

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 13 Uso de la memoria del HUCOM Vr 1.3 para la prueba número dos

	Fase R	Fase S	Fase T
Huecos	189bytes	189bytes	189bytes
Interrupciones	189bytes	189bytes	189bytes

Fuente: Autores del proyecto

Los resultados obtenidos permiten establecer que:

- La cantidad de interrupciones y de huecos capturados fue igual, 21 huecos en cada fase y 21 interrupciones, por lo tanto cumple con el criterio de captura esperado, error del 0%.
- El error en la duración del evento muestra un valor muy bajo con respecto al valor ideal de 100 segundos: -0,03% para las interrupciones y 0,56% para los huecos.
- El intervalo entre fallas idealmente de 20 segundos registra un valor de error igualmente bajo: 0,083% tanto para interrupciones como para huecos.

Los datos Registrados por el HUCOM Vr1.3 durante esta prueba fueron:

Fecha inicial de transmisión: 2006-06-29 12:57:43

Fecha inicial de mediciones: 2006-06-29 14:01:15

Información de los Huecos:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 9,99991780923249%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 21

Duración: 2101180 ms.

- Fase S

Cantidad: 21

Duración: 2101177 ms.

- Fase T

Cantidad: 21

Duración: 2101189 ms.

Información de las Interrupciones

- Tiempo mínimo: 1 s.
- Tiempo mínimo de restitución: 1 s.
- Porcentaje mínimo: 9,99991780923249%
- Porcentaje máximo: 90,0000213086274%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 21

Duración: 20994 s.

- Fase S

Cantidad: 21

Duración: 20994 s.

- Fase T

Cantidad: 21

Duración: 20993 s.

Uso de la memoria:

- Huecos

Fase R: 189 bytes

Fase S: 189 bytes

Fase T: 189 bytes

- Interrupciones

Fase R: 189 bytes

Fase S: 189 bytes

Fase T: 189 bytes

1899-12-30 00:00:00 0

Registro de interrupciones Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	1000
2006-06-29 13:01:11	1000
2006-06-29 13:04:11	1000
2006-06-29 13:07:11	1000
2006-06-29 13:10:12	999
2006-06-29 13:13:12	1000
2006-06-29 13:16:12	1000
2006-06-29 13:19:12	1000
2006-06-29 13:22:12	1000
2006-06-29 13:25:12	999
2006-06-29 13:28:12	999
2006-06-29 13:31:12	1000

2006-06-29 13:34:13	1000
2006-06-29 13:37:13	1000
2006-06-29 13:40:13	1000
2006-06-29 13:43:13	999
2006-06-29 13:46:13	999
2006-06-29 13:49:13	1000
2006-06-29 13:52:13	1000
2006-06-29 13:55:13	1000
2006-06-29 13:58:14	999

Registro de interrupciones Fase S

Fecha/Hora aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Duración Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	1000
2006-06-29 13:01:11	1000
2006-06-29 13:04:11	1000
2006-06-29 13:07:11	1000
2006-06-29 13:10:12	999
2006-06-29 13:13:12	1000
2006-06-29 13:16:12	1000
2006-06-29 13:19:12	1000
2006-06-29 13:22:12	1000
2006-06-29 13:25:12	999
2006-06-29 13:28:12	999
2006-06-29 13:31:12	1000
2006-06-29 13:34:13	1000
2006-06-29 13:37:13	1000
2006-06-29 13:40:13	1000
2006-06-29 13:43:13	999
2006-06-29 13:46:13	999
2006-06-29 13:49:13	1000
2006-06-29 13:52:13	1000
2006-06-29 13:55:13	1000
2006-06-29 13:58:14	999

Registro de interrupciones Fase T

Fecha/Hora aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Duración Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	1000

2006-06-29 13:01:11	1000
2006-06-29 13:04:11	1000
2006-06-29 13:07:11	1000
2006-06-29 13:10:12	999
2006-06-29 13:13:12	999
2006-06-29 13:16:12	1000
2006-06-29 13:19:12	1000
2006-06-29 13:22:12	1000
2006-06-29 13:25:12	999
2006-06-29 13:28:12	999
2006-06-29 13:31:12	1000
2006-06-29 13:34:13	1000
2006-06-29 13:37:13	1000
2006-06-29 13:40:13	1000
2006-06-29 13:43:13	999
2006-06-29 13:46:13	999
2006-06-29 13:49:13	1000
2006-06-29 13:52:13	1000
2006-06-29 13:55:13	1000
2006-06-29 13:58:14	999

#### Registro de huecos Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	100056
2006-06-29 13:01:11	100057
2006-06-29 13:04:11	100056
2006-06-29 13:07:11	100055
2006-06-29 13:10:12	100056
2006-06-29 13:13:12	100056
2006-06-29 13:16:12	100057
2006-06-29 13:19:12	100056
2006-06-29 13:22:12	100056
2006-06-29 13:25:12	100056
2006-06-29 13:28:12	100056
2006-06-29 13:31:12	100057
2006-06-29 13:34:13	100057
2006-06-29 13:37:13	100056
2006-06-29 13:40:13	100056
2006-06-29 13:43:13	100057
2006-06-29 13:46:13	100056

2006-06-29 13:49:13	100055
2006-06-29 13:52:13	100056
2006-06-29 13:55:13	100056
2006-06-29 13:58:13	100057

Registro de huecos Fase S

Fecha/Hora aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Duración Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	100057
2006-06-29 13:01:11	100057
2006-06-29 13:04:11	100056
2006-06-29 13:07:11	100056
2006-06-29 13:10:12	100056
2006-06-29 13:13:12	100055
2006-06-29 13:16:12	100057
2006-06-29 13:19:12	100057
2006-06-29 13:22:12	100055
2006-06-29 13:25:12	100056
2006-06-29 13:28:12	100057
2006-06-29 13:31:12	100055
2006-06-29 13:34:13	100056
2006-06-29 13:37:13	100056
2006-06-29 13:40:13	100055
2006-06-29 13:43:13	100056
2006-06-29 13:46:13	100055
2006-06-29 13:49:13	100055
2006-06-29 13:52:13	100056
2006-06-29 13:55:13	100057
2006-06-29 13:58:14	100057

Registro de huecos Fase T

Fecha/Hora aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Duración Seg.
-----	-----
2006-06-29 12:58:11	100057
2006-06-29 13:01:11	100057
2006-06-29 13:04:11	100056
2006-06-29 13:07:11	100056
2006-06-29 13:10:12	100056
2006-06-29 13:13:12	100057

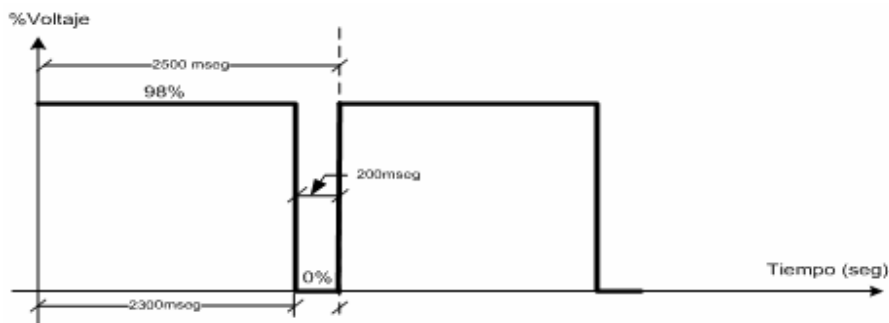
2006-06-29 13:16:12	100059
2006-06-29 13:19:12	100057
2006-06-29 13:22:12	100056
2006-06-29 13:25:12	100056
2006-06-29 13:28:12	100057
2006-06-29 13:31:12	100056
2006-06-29 13:34:13	100056
2006-06-29 13:37:13	100057
2006-06-29 13:40:13	100056
2006-06-29 13:43:13	100057
2006-06-29 13:46:13	100055
2006-06-29 13:49:13	100057
2006-06-29 13:52:13	100057
2006-06-29 13:55:13	100057
2006-06-29 13:58:13	100057

## ANEXO G3 PRUEBA DE DETECCIÓN NÚMERO TRES

Generación de una falla rectangular de 2500 milisegundos de periodo y duración de 200 milisegundos.

Para este tipo de falla programada se espera que el equipo registre huecos de 200 milisegundos de duración. El equipo se encontraba operando con una carga de 6A.

Figura 68 Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 2500 milisegundos de periodo



Fuente: Autores del proyecto

En resumen se programa lo siguiente:

- Duración de la falla: 200 milisegundos.
- Intervalo entre fallas: 2500 milisegundos.

El generador de interrupciones y caídas de tensión se programo de la siguiente manera:

Modo de operación: milisegundos

Periodo: 2500 milisegundos

Tabla 14 Programación del generador para la prueba número tres

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	2300	98%
02	00	200	0%

Fuente: Autores del proyecto

Fecha inicial de mediciones: 2006-07-01 12:57:31

Información de los huecos programados:

- Tiempo mínimo: 5 ms.

- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.

- Porcentaje mínimo: 0%

- Porcentaje máximo: 10%

Tabla 15 Información de los huecos detectados en la prueba número tres

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	102	102	102
Duración Total	19,544s	19,548s	19,548s
Duración promedio	191.61ms	191.65ms	191.65ms
Desviación de la duración respecto al ideal (200mseg)	-4.2%	-4.18%	-4.18%
Intervalo promedio entre fallas	2.505s	2.505s	2.505s
Desviación del intervalo respecto al ideal (2500mseg)	0.2%	0.2%	0.2%

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 16 uso de la memoria del HUCOM Vr 1.3 en la prueba número tres

	Fase R	Fase S	Fase T
Huecos	918bytes	918bytes	918bytes

Fuente: Autores del proyecto

Los resultados obtenidos permiten concluir que:

- La cantidad de huecos capturados fue igual 102 huecos en cada fase
- El error en la duración del evento muestra un valor muy bajo con respecto al valor ideal de 200 milisegundos: -4.2% para los huecos.
- El intervalo entre fallas idealmente de 2.5 segundos registra un valor de error igualmente bajo: 0.2%.

Los datos capturados por le HUCOM Vr1.3 fueron los siguientes:

Fecha inicial de transmisión: 2006-07-01 12:53:08

Fecha inicial de mediciones: 2006-07-01 12:57:31

Información de los Huecos:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 9,99991780923249%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 102

Duración: 19544 ms.

- Fase S

Cantidad: 102

Duración: 19548 ms.

- Fase T  
Cantidad: 102  
Duración: 19548 ms.

Uso de la memoria:  
- Huecos  
Fase R: 918 bytes  
Fase S: 918 bytes  
Fase T: 918 bytes

1899-12-30 00:00:00 0

#### Registro de huecos Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-07-01 12:53:10	191
2006-07-01 12:53:13	191
2006-07-01 12:53:15	192
2006-07-01 12:53:18	191
2006-07-01 12:53:20	191
2006-07-01 12:53:22	193
2006-07-01 12:53:25	192
2006-07-01 12:53:27	190
2006-07-01 12:53:30	192
2006-07-01 12:53:32	191
2006-07-01 12:53:35	191
2006-07-01 12:53:37	191
2006-07-01 12:53:40	192
2006-07-01 12:53:42	190
2006-07-01 12:53:45	191
2006-07-01 12:53:47	192
2006-07-01 12:53:50	192
2006-07-01 12:53:52	192
2006-07-01 12:53:55	193
2006-07-01 12:53:57	192
2006-07-01 12:54:00	190
2006-07-01 12:54:02	193
2006-07-01 12:54:05	191
2006-07-01 12:54:07	192
2006-07-01 12:54:10	193
2006-07-01 12:54:12	192

2006-07-01 12:54:15	191
2006-07-01 12:54:17	192
2006-07-01 12:54:20	190
2006-07-01 12:54:23	190
2006-07-01 12:54:25	193
2006-07-01 12:54:28	192
2006-07-01 12:54:30	192
2006-07-01 12:54:33	191
2006-07-01 12:54:35	192
2006-07-01 12:54:38	192
2006-07-01 12:54:40	191
2006-07-01 12:54:43	192
2006-07-01 12:54:45	192
2006-07-01 12:54:48	192
2006-07-01 12:54:50	192
2006-07-01 12:54:53	192
2006-07-01 12:54:55	193
2006-07-01 12:54:58	191
2006-07-01 12:55:00	191
2006-07-01 12:55:03	192
2006-07-01 12:55:05	191
2006-07-01 12:55:08	191
2006-07-01 12:55:10	192
2006-07-01 12:55:13	192
2006-07-01 12:55:15	192
2006-07-01 12:55:18	192
2006-07-01 12:55:20	192
2006-07-01 12:55:23	192
2006-07-01 12:55:25	192
2006-07-01 12:55:28	192
2006-07-01 12:55:30	192
2006-07-01 12:55:33	190
2006-07-01 12:55:35	191
2006-07-01 12:55:38	193
2006-07-01 12:55:40	192
2006-07-01 12:55:43	192
2006-07-01 12:55:45	192
2006-07-01 12:55:48	192
2006-07-01 12:55:50	191
2006-07-01 12:55:53	192
2006-07-01 12:55:55	192
2006-07-01 12:55:58	191
2006-07-01 12:56:00	190

2006-07-01 12:56:03	193
2006-07-01 12:56:05	190
2006-07-01 12:56:08	192
2006-07-01 12:56:10	190
2006-07-01 12:56:13	193
2006-07-01 12:56:15	193
2006-07-01 12:56:18	192
2006-07-01 12:56:20	191
2006-07-01 12:56:23	192
2006-07-01 12:56:25	192
2006-07-01 12:56:28	192
2006-07-01 12:56:30	192
2006-07-01 12:56:33	191
2006-07-01 12:56:35	194
2006-07-01 12:56:38	191
2006-07-01 12:56:40	191
2006-07-01 12:56:43	191
2006-07-01 12:56:45	191
2006-07-01 12:56:48	191
2006-07-01 12:56:50	190
2006-07-01 12:56:53	192
2006-07-01 12:56:55	191
2006-07-01 12:56:58	191
2006-07-01 12:57:00	191
2006-07-01 12:57:03	192
2006-07-01 12:57:05	193
2006-07-01 12:57:08	192
2006-07-01 12:57:10	193
2006-07-01 12:57:13	192
2006-07-01 12:57:15	190
2006-07-01 12:57:18	191
2006-07-01 12:57:20	191
2006-07-01 12:57:23	191

Registro de huecos Fase S

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-07-01 12:53:10	191
2006-07-01 12:53:13	190
2006-07-01 12:53:15	192
2006-07-01 12:53:18	190

2006-07-01 12:53:20	191
2006-07-01 12:53:22	192
2006-07-01 12:53:25	192
2006-07-01 12:53:27	192
2006-07-01 12:53:30	191
2006-07-01 12:53:32	191
2006-07-01 12:53:35	191
2006-07-01 12:53:37	192
2006-07-01 12:53:40	192
2006-07-01 12:53:42	190
2006-07-01 12:53:45	190
2006-07-01 12:53:47	190
2006-07-01 12:53:50	192
2006-07-01 12:53:52	191
2006-07-01 12:53:55	192
2006-07-01 12:53:57	192
2006-07-01 12:54:00	190
2006-07-01 12:54:02	193
2006-07-01 12:54:05	190
2006-07-01 12:54:07	192
2006-07-01 12:54:10	193
2006-07-01 12:54:12	192
2006-07-01 12:54:15	192
2006-07-01 12:54:17	192
2006-07-01 12:54:20	192
2006-07-01 12:54:23	190
2006-07-01 12:54:25	193
2006-07-01 12:54:28	191
2006-07-01 12:54:30	192
2006-07-01 12:54:33	193
2006-07-01 12:54:35	192
2006-07-01 12:54:38	192
2006-07-01 12:54:40	191
2006-07-01 12:54:43	192
2006-07-01 12:54:45	191
2006-07-01 12:54:48	192
2006-07-01 12:54:50	192
2006-07-01 12:54:53	191
2006-07-01 12:54:55	193
2006-07-01 12:54:58	191
2006-07-01 12:55:00	192
2006-07-01 12:55:03	191
2006-07-01 12:55:05	192

2006-07-01 12:55:08	192
2006-07-01 12:55:10	192
2006-07-01 12:55:13	192
2006-07-01 12:55:15	191
2006-07-01 12:55:18	193
2006-07-01 12:55:20	193
2006-07-01 12:55:23	191
2006-07-01 12:55:25	192
2006-07-01 12:55:28	191
2006-07-01 12:55:30	192
2006-07-01 12:55:33	191
2006-07-01 12:55:35	192
2006-07-01 12:55:38	191
2006-07-01 12:55:40	192
2006-07-01 12:55:43	192
2006-07-01 12:55:45	193
2006-07-01 12:55:48	192
2006-07-01 12:55:50	192
2006-07-01 12:55:53	192
2006-07-01 12:55:55	192
2006-07-01 12:55:58	192
2006-07-01 12:56:00	191
2006-07-01 12:56:03	193
2006-07-01 12:56:05	191
2006-07-01 12:56:08	193
2006-07-01 12:56:10	192
2006-07-01 12:56:13	192
2006-07-01 12:56:15	193
2006-07-01 12:56:18	192
2006-07-01 12:56:20	192
2006-07-01 12:56:23	191
2006-07-01 12:56:25	192
2006-07-01 12:56:28	192
2006-07-01 12:56:30	192
2006-07-01 12:56:33	192
2006-07-01 12:56:35	193
2006-07-01 12:56:38	191
2006-07-01 12:56:40	191
2006-07-01 12:56:43	190
2006-07-01 12:56:45	191
2006-07-01 12:56:48	191
2006-07-01 12:56:50	191
2006-07-01 12:56:53	192

2006-07-01 12:56:55	191
2006-07-01 12:56:58	192
2006-07-01 12:57:00	190
2006-07-01 12:57:03	192
2006-07-01 12:57:05	193
2006-07-01 12:57:08	192
2006-07-01 12:57:10	192
2006-07-01 12:57:13	193
2006-07-01 12:57:15	191
2006-07-01 12:57:18	191
2006-07-01 12:57:20	191
2006-07-01 12:57:23	191

Registro de huecos Fase T

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-07-01 12:53:10	191
2006-07-01 12:53:13	190
2006-07-01 12:53:15	192
2006-07-01 12:53:18	190
2006-07-01 12:53:20	191
2006-07-01 12:53:22	192
2006-07-01 12:53:25	193
2006-07-01 12:53:27	191
2006-07-01 12:53:30	190
2006-07-01 12:53:32	193
2006-07-01 12:53:35	191
2006-07-01 12:53:37	191
2006-07-01 12:53:40	192
2006-07-01 12:53:42	190
2006-07-01 12:53:45	190
2006-07-01 12:53:47	192
2006-07-01 12:53:50	192
2006-07-01 12:53:52	190
2006-07-01 12:53:55	191
2006-07-01 12:53:57	192
2006-07-01 12:54:00	191
2006-07-01 12:54:02	194
2006-07-01 12:54:05	191
2006-07-01 12:54:07	192
2006-07-01 12:54:10	192

2006-07-01 12:54:12	192
2006-07-01 12:54:15	193
2006-07-01 12:54:17	191
2006-07-01 12:54:20	192
2006-07-01 12:54:23	192
2006-07-01 12:54:25	191
2006-07-01 12:54:28	193
2006-07-01 12:54:30	191
2006-07-01 12:54:33	193
2006-07-01 12:54:35	192
2006-07-01 12:54:38	192
2006-07-01 12:54:40	191
2006-07-01 12:54:43	192
2006-07-01 12:54:45	191
2006-07-01 12:54:48	192
2006-07-01 12:54:50	193
2006-07-01 12:54:53	191
2006-07-01 12:54:55	192
2006-07-01 12:54:58	192
2006-07-01 12:55:00	192
2006-07-01 12:55:03	191
2006-07-01 12:55:05	191
2006-07-01 12:55:08	192
2006-07-01 12:55:10	193
2006-07-01 12:55:13	192
2006-07-01 12:55:15	191
2006-07-01 12:55:18	191
2006-07-01 12:55:20	192
2006-07-01 12:55:23	191
2006-07-01 12:55:25	190
2006-07-01 12:55:28	191
2006-07-01 12:55:30	191
2006-07-01 12:55:33	191
2006-07-01 12:55:35	192
2006-07-01 12:55:38	192
2006-07-01 12:55:40	193
2006-07-01 12:55:43	192
2006-07-01 12:55:45	193
2006-07-01 12:55:48	191
2006-07-01 12:55:50	192
2006-07-01 12:55:53	193
2006-07-01 12:55:55	192
2006-07-01 12:55:58	193

2006-07-01 12:56:00	191
2006-07-01 12:56:03	193
2006-07-01 12:56:05	191
2006-07-01 12:56:08	192
2006-07-01 12:56:10	192
2006-07-01 12:56:13	192
2006-07-01 12:56:15	193
2006-07-01 12:56:18	192
2006-07-01 12:56:20	192
2006-07-01 12:56:23	192
2006-07-01 12:56:25	192
2006-07-01 12:56:28	192
2006-07-01 12:56:30	191
2006-07-01 12:56:33	191
2006-07-01 12:56:35	191
2006-07-01 12:56:38	191
2006-07-01 12:56:40	192
2006-07-01 12:56:43	192
2006-07-01 12:56:45	191
2006-07-01 12:56:48	192
2006-07-01 12:56:50	191
2006-07-01 12:56:53	191
2006-07-01 12:56:55	191
2006-07-01 12:56:58	192
2006-07-01 12:57:00	192
2006-07-01 12:57:03	192
2006-07-01 12:57:05	192
2006-07-01 12:57:08	190
2006-07-01 12:57:10	192
2006-07-01 12:57:13	192
2006-07-01 12:57:15	192
2006-07-01 12:57:18	191
2006-07-01 12:57:20	192
2006-07-01 12:57:23	191

## ANEXO G4 PRUEBA DE DETECCIÓN NÚMERO CUATRO

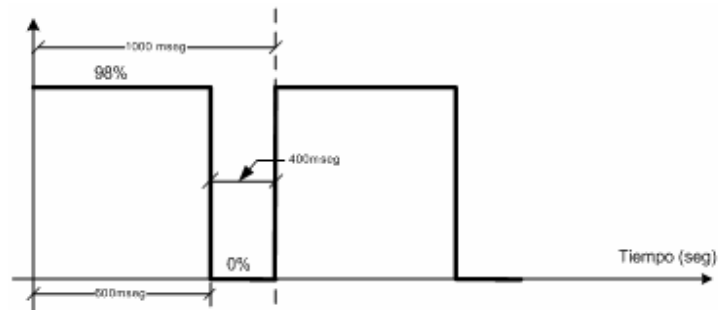
Generación de una falla rectangular de 1000 milisegundos de periodo y duración de 400 milisegundos.

Para este tipo de falla programada se espera que el equipo registre huecos de 400 milisegundos de duración, y el equipo operaba con una carga de 2A.

En resumen se programa lo siguiente:

- Duración de la falla: 400 milisegundos.
- Intervalo entre fallas: 1000 milisegundos

Figura 69 Diagrama de tiempo representativo de la falla rectangular de 1000 milisegundos de periodo



Fuente: Autores del proyecto

El generador de interrupciones y caídas de tensión se programa de la siguiente manera:

Modo de operación: milisegundos

Periodo: 1000 milisegundos

Tabla 17 Programación del generador para la prueba número cuatro

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	600	98%
02	00	400	0%

Fuente: Autores del proyecto

Fecha inicial de mediciones: 2006-07-04 11:28:40

Información de los huecos programados:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 10%

Tabla 18 Información de huecos detectados en la prueba número cuatro

	Fase R	Fase S	Fase T
Cantidad	95	95	95
Duración Total	35,490s	34,534s	36,967s
Duración promedio	373,58ms	368,57ms	389,12ms
Desviación de la duración respecto al ideal (10seg)	-6,61%	-7,86%	-2,72%
Intervalo promedio entre fallas	1s	1s	1s
Desviación del intervalo respecto al ideal (1seg)	0%	0%	0%

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 19 Uso de la memoria del HUCOM Vr 1.3 en la prueba cuatro

	Fase R	Fase S	Fase T
Huecos	865bytes	865bytes	865bytes

Fuente: Autores del proyecto

Tras analizar los resultados obtenidos se concluye que:

- La cantidad de huecos capturados fue igual a 95 huecos en cada fase.
- El error en la duración del evento muestra un valor bajo con respecto al valor ideal de 400 milisegundos: -5,73% para los huecos.
- El intervalo entre fallas idealmente de 1 segundo registra un valor de error igualmente nulo.

Los datos captados por el HUCOM Vr1.3 para esta prueba son los siguientes:

Fecha inicial de transmisión: 2006-07-04 11:26:58  
 Fecha inicial de mediciones: 2006-07-04 11:28:40

Información de los Huecos:

- Tiempo mínimo: 5 ms.
- Tiempo mínimo de restitución: 5 ms.
- Porcentaje mínimo: 0%
- Porcentaje máximo: 9,99991780923249%

- Cantidades y duraciones detectadas -

- Fase R

Cantidad: 95

Duración: 35490 ms.

- Fase S

Cantidad: 95

Duración: 34534 ms.

- Fase T

Cantidad: 95  
Duración: 36967 ms.

Uso de la memoria:  
- Huecos  
Fase R: 855 bytes  
Fase S: 855 bytes  
Fase T: 855 bytes

1899-12-30 00:00:00 0

#### Registro de huecos Fase R

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
2006-07-04 11:27:00	200
2006-07-04 11:27:01	391
2006-07-04 11:27:02	391
2006-07-04 11:27:03	391
2006-07-04 11:27:04	391
2006-07-04 11:27:04	303
2006-07-04 11:27:06	391
2006-07-04 11:27:07	391
2006-07-04 11:27:08	391
2006-07-04 11:27:08	391
2006-07-04 11:27:10	295
2006-07-04 11:27:10	392
2006-07-04 11:27:12	295
2006-07-04 11:27:13	391
2006-07-04 11:27:14	391
2006-07-04 11:27:14	391
2006-07-04 11:27:16	295
2006-07-04 11:27:17	391
2006-07-04 11:27:17	391
2006-07-04 11:27:18	390
2006-07-04 11:27:20	391
2006-07-04 11:27:21	392
2006-07-04 11:27:22	391
2006-07-04 11:27:23	392
2006-07-04 11:27:24	296
2006-07-04 11:27:25	391
2006-07-04 11:27:26	392

2006-07-04 11:27:27	391
2006-07-04 11:27:28	391
2006-07-04 11:27:29	392
2006-07-04 11:27:30	391
2006-07-04 11:27:31	392
2006-07-04 11:27:32	391
2006-07-04 11:27:33	392
2006-07-04 11:27:34	392
2006-07-04 11:27:35	391
2006-07-04 11:27:36	392
2006-07-04 11:27:37	391
2006-07-04 11:27:38	312
2006-07-04 11:27:39	303
2006-07-04 11:27:40	391
2006-07-04 11:27:41	391
2006-07-04 11:27:42	391
2006-07-04 11:27:43	390
2006-07-04 11:27:44	391
2006-07-04 11:27:45	304
2006-07-04 11:27:46	390
2006-07-04 11:27:47	391
2006-07-04 11:27:48	391
2006-07-04 11:27:49	391
2006-07-04 11:27:50	392
2006-07-04 11:27:51	390
2006-07-04 11:27:52	390
2006-07-04 11:27:53	391
2006-07-04 11:27:54	391
2006-07-04 11:27:55	392
2006-07-04 11:27:56	303
2006-07-04 11:27:57	303
2006-07-04 11:27:58	303
2006-07-04 11:27:59	390
2006-07-04 11:28:00	391
2006-07-04 11:28:01	391
2006-07-04 11:28:02	390
2006-07-04 11:28:03	392
2006-07-04 11:28:04	390
2006-07-04 11:28:05	391
2006-07-04 11:28:06	295
2006-07-04 11:28:07	391
2006-07-04 11:28:08	295
2006-07-04 11:28:09	391

2006-07-04 11:28:10	391
2006-07-04 11:28:11	390
2006-07-04 11:28:12	295
2006-07-04 11:28:13	392
2006-07-04 11:28:14	392
2006-07-04 11:28:15	390
2006-07-04 11:28:16	391
2006-07-04 11:28:17	390
2006-07-04 11:28:18	392
2006-07-04 11:28:19	295
2006-07-04 11:28:20	295
2006-07-04 11:28:21	391
2006-07-04 11:28:23	391
2006-07-04 11:28:24	391
2006-07-04 11:28:24	391
2006-07-04 11:28:26	391
2006-07-04 11:28:27	391
2006-07-04 11:28:27	392
2006-07-04 11:28:28	391
2006-07-04 11:28:30	390
2006-07-04 11:28:31	391
2006-07-04 11:28:31	391
2006-07-04 11:28:33	392
2006-07-04 11:28:33	391
2006-07-04 11:28:34	391

Registro de huecos Fase S

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-07-04 11:27:00	200
2006-07-04 11:27:01	391
2006-07-04 11:27:02	391
2006-07-04 11:27:03	391
2006-07-04 11:27:04	391
2006-07-04 11:27:04	391
2006-07-04 11:27:06	391
2006-07-04 11:27:07	392
2006-07-04 11:27:08	392
2006-07-04 11:27:08	310
2006-07-04 11:27:10	391
2006-07-04 11:27:10	309

2006-07-04 11:27:12	391
2006-07-04 11:27:13	391
2006-07-04 11:27:14	392
2006-07-04 11:27:14	310
2006-07-04 11:27:16	391
2006-07-04 11:27:17	391
2006-07-04 11:27:17	311
2006-07-04 11:27:18	310
2006-07-04 11:27:20	391
2006-07-04 11:27:21	392
2006-07-04 11:27:22	391
2006-07-04 11:27:23	302
2006-07-04 11:27:24	392
2006-07-04 11:27:25	302
2006-07-04 11:27:26	392
2006-07-04 11:27:27	302
2006-07-04 11:27:28	391
2006-07-04 11:27:29	392
2006-07-04 11:27:30	392
2006-07-04 11:27:31	303
2006-07-04 11:27:32	391
2006-07-04 11:27:33	303
2006-07-04 11:27:34	392
2006-07-04 11:27:35	391
2006-07-04 11:27:36	392
2006-07-04 11:27:37	391
2006-07-04 11:27:38	389
2006-07-04 11:27:39	391
2006-07-04 11:27:40	391
2006-07-04 11:27:41	391
2006-07-04 11:27:42	311
2006-07-04 11:27:43	310
2006-07-04 11:27:44	390
2006-07-04 11:27:45	392
2006-07-04 11:27:46	310
2006-07-04 11:27:47	391
2006-07-04 11:27:48	391
2006-07-04 11:27:49	391
2006-07-04 11:27:50	392
2006-07-04 11:27:51	391
2006-07-04 11:27:52	310
2006-07-04 11:27:53	391
2006-07-04 11:27:54	391

2006-07-04 11:27:55	391
2006-07-04 11:27:56	391
2006-07-04 11:27:57	391
2006-07-04 11:27:58	392
2006-07-04 11:27:59	310
2006-07-04 11:28:00	391
2006-07-04 11:28:01	311
2006-07-04 11:28:02	310
2006-07-04 11:28:03	392
2006-07-04 11:28:04	310
2006-07-04 11:28:05	391
2006-07-04 11:28:06	391
2006-07-04 11:28:07	391
2006-07-04 11:28:08	391
2006-07-04 11:28:09	392
2006-07-04 11:28:10	311
2006-07-04 11:28:11	310
2006-07-04 11:28:12	391
2006-07-04 11:28:13	310
2006-07-04 11:28:14	392
2006-07-04 11:28:15	310
2006-07-04 11:28:16	391
2006-07-04 11:28:17	309
2006-07-04 11:28:18	302
2006-07-04 11:28:19	391
2006-07-04 11:28:20	391
2006-07-04 11:28:21	311
2006-07-04 11:28:23	390
2006-07-04 11:28:24	391
2006-07-04 11:28:24	293
2006-07-04 11:28:26	391
2006-07-04 11:28:27	391
2006-07-04 11:28:27	302
2006-07-04 11:28:28	302
2006-07-04 11:28:30	391
2006-07-04 11:28:31	392
2006-07-04 11:28:31	302
2006-07-04 11:28:33	391
2006-07-04 11:28:33	391
2006-07-04 11:28:34	391

Registro de huecos Fase T

Fecha/Hora	Duración
aaaa-mm-yy hh:mm:ss	Seg.
-----	-----
2006-07-04 11:27:00	200
2006-07-04 11:27:01	391
2006-07-04 11:27:02	391
2006-07-04 11:27:03	391
2006-07-04 11:27:04	391
2006-07-04 11:27:04	391
2006-07-04 11:27:06	391
2006-07-04 11:27:07	392
2006-07-04 11:27:08	391
2006-07-04 11:27:08	391
2006-07-04 11:27:10	391
2006-07-04 11:27:10	391
2006-07-04 11:27:12	391
2006-07-04 11:27:13	391
2006-07-04 11:27:14	391
2006-07-04 11:27:14	391
2006-07-04 11:27:16	391
2006-07-04 11:27:17	391
2006-07-04 11:27:17	391
2006-07-04 11:27:18	391
2006-07-04 11:27:20	391
2006-07-04 11:27:21	392
2006-07-04 11:27:22	391
2006-07-04 11:27:23	391
2006-07-04 11:27:24	391
2006-07-04 11:27:25	391
2006-07-04 11:27:26	391
2006-07-04 11:27:27	391
2006-07-04 11:27:28	392
2006-07-04 11:27:29	392
2006-07-04 11:27:30	391
2006-07-04 11:27:31	392
2006-07-04 11:27:32	391
2006-07-04 11:27:33	392
2006-07-04 11:27:34	390
2006-07-04 11:27:35	391
2006-07-04 11:27:36	391
2006-07-04 11:27:37	391
2006-07-04 11:27:38	391
2006-07-04 11:27:39	391

2006-07-04 11:27:40	391
2006-07-04 11:27:41	391
2006-07-04 11:27:42	391
2006-07-04 11:27:43	392
2006-07-04 11:27:44	391
2006-07-04 11:27:45	391
2006-07-04 11:27:46	391
2006-07-04 11:27:47	391
2006-07-04 11:27:48	391
2006-07-04 11:27:49	391
2006-07-04 11:27:50	392
2006-07-04 11:27:51	391
2006-07-04 11:27:52	391
2006-07-04 11:27:53	392
2006-07-04 11:27:54	391
2006-07-04 11:27:55	391
2006-07-04 11:27:56	392
2006-07-04 11:27:57	392
2006-07-04 11:27:58	391
2006-07-04 11:27:59	391
2006-07-04 11:28:00	390
2006-07-04 11:28:01	391
2006-07-04 11:28:02	392
2006-07-04 11:28:03	391
2006-07-04 11:28:04	392
2006-07-04 11:28:05	391
2006-07-04 11:28:06	391
2006-07-04 11:28:07	391
2006-07-04 11:28:08	391
2006-07-04 11:28:09	391
2006-07-04 11:28:10	391
2006-07-04 11:28:11	391
2006-07-04 11:28:12	392
2006-07-04 11:28:13	392
2006-07-04 11:28:14	391
2006-07-04 11:28:15	391
2006-07-04 11:28:16	391
2006-07-04 11:28:17	391
2006-07-04 11:28:18	391
2006-07-04 11:28:19	391
2006-07-04 11:28:20	390
2006-07-04 11:28:21	390
2006-07-04 11:28:23	391

2006-07-04 11:28:24	391
2006-07-04 11:28:24	391
2006-07-04 11:28:26	391
2006-07-04 11:28:27	392
2006-07-04 11:28:27	391
2006-07-04 11:28:28	391
2006-07-04 11:28:30	391
2006-07-04 11:28:31	391
2006-07-04 11:28:31	391
2006-07-04 11:28:33	391
2006-07-04 11:28:33	392
2006-07-04 11:28:34	391

## ANEXO H. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE COMPROBACION DE LAS FORMAS DE ONDA

### ANEXO H1 PRUEBA NÚMERO DOS

En esta prueba se programa al generador de la siguiente manera:

- Modo de operación: Semiciclos
- Periodo: 10 Semiciclos

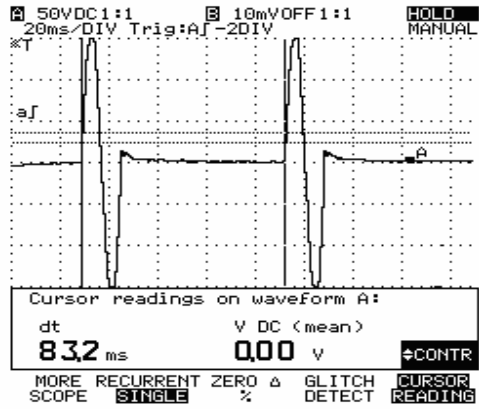
Tabla 20 Salidas activas del generador durante la prueba número dos

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	2	98%
02	00	8	0%

Fuente: Autores del proyecto

La frecuencia de la señal de salida es de 60 Hz, por lo tanto se conoce que el periodo será de 0,01667 segundos y como la señal tiene 5 ciclos de duración tendrá un periodo total de 0,08333 segundos (83,33 milisegundos). Como se observa en la figura 69 la señal tiene un periodo de 83,2 milisegundos lo cual esta de acuerdo con lo esperado y demuestra que el equipo esta generando las anomalías de manera correcta con un error de de 0,15 %, además en la gráfica se observa que el tap 6 esta activo durante 2 semiciclos es decir durante un periodo de 0,01667 segundos y el tap 0 esta activo durante 8 semiciclos es decir, un periodo de 0,0664 segundos y al cabo de este tiempo el tap número 6 debería volver a entrar en funcionamiento lo cual se observa claramente en la figura 70 y constata la buena operación del generador para la falla programada.

Figura 70. Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número dos



Fuente: Autores del proyecto

## ANEXO H2 PRUEBA NÚMERO TRES

En esta prueba el generador se encontraba sin carga y se programo de la siguiente manera:

- Modo de operación: Semiciclos
- Periodo: 10 Semiciclos

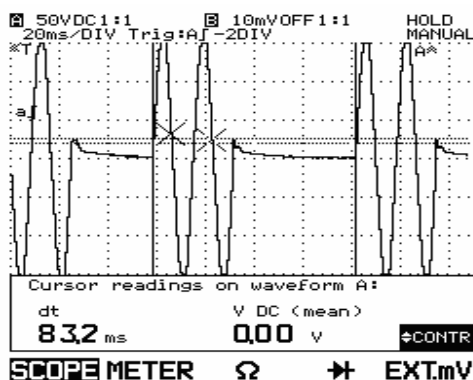
Tabla 21 Salidas activas del generador para la prueba número tres

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	4	98%
02	00	6	0%

Fuente: Autores del proyecto

Al igual que en la prueba anterior se tiene que la frecuencia de la señal de salida es de 60 Hz, por lo tanto sabemos que el periodo será de 0,01667 segundos y como la señal tiene 5 ciclos de duración tendrá un periodo total de 0,08333 segundos lo que es igual a 83,33 milisegundos lo cual se aprecia claramente en la figura 71.

Figura 71. Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número tres



Fuente: Autores del proyecto

La única diferencia con la prueba anterior radica en el tiempo de actividad de cada tap y como se observa en la figura 1 el tap 6 esta activo durante 4 semiciclos ósea durante un periodo de 0,03333 segundos, y el tap 0 durante 6 semiciclos lo cual da un tiempo de actividad de 0,05 segundos, en este caso el error entre el tiempo calculado y el observado en la captura de la señal de salida es igual al de la prueba numero 2 0,15 %.

### ANEXO H3 PRUEBA NÚMERO CUATRO

En esta prueba el generador se encontraba operando con una carga de 4A y se programo de la siguiente manera:

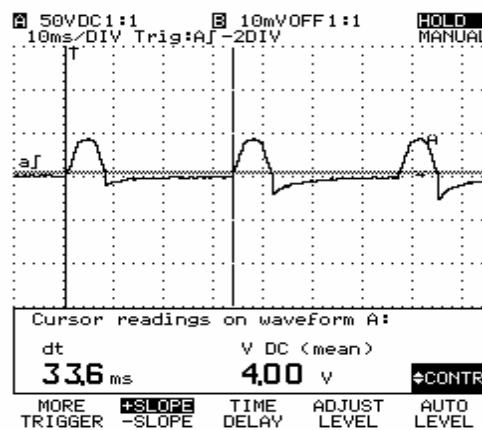
- Modo de operación: Semiciclos
- Periodo: 4 Semiciclos

Tabla 22 Salidas activas del generador durante la prueba número cuatro

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	03	1	25%
02	00	3	0%

Fuente: Autores del proyecto

Figura 72. Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número cuatro



Fuente: Autores del proyecto

De los datos de programación se tiene que la frecuencia de la señal de salida es de 60 Hz, por lo tanto el periodo de la anomalía será de 0,0333 segundos lo que es igual a 33,3 milisegundos, en la figura 72 se observa que el periodo de la anomalía es de 33,6 milisegundos lo cual nos da un error de -0,9009%, además en la gráfica se observa que el tap número tres esta activo durante 1 semiciclos

ósea 0,008333 segundos y el tap 0 esta activo durante 3 semiciclos que es igual a 0,025 segundos lo cual corrobora los valores programados para este tipo de falla y asegura que el generador trabajo de manera adecuada. Además en esta prueba se pudo comprobar que el equipo puede generar perturbaciones de medio ciclo de onda.

## ANEXO H4 PRUEBA NÚMERO CINCO

En esta prueba se programa al generador de la siguiente manera:

- Modo de operación: milisegundos
- Periodo: 49 milisegundos
- Carga de 5 A.

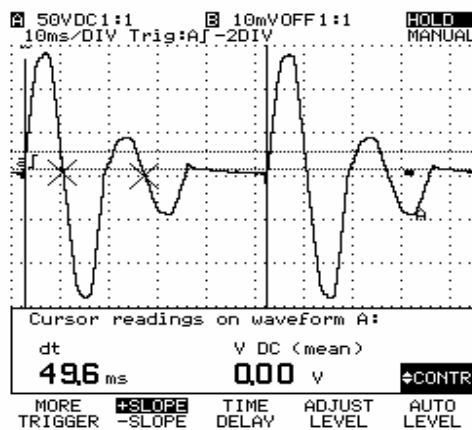
Tabla 23 Salidas activas del generador durante la prueba número cinco

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	08	17	89%
02	03	17	25%
03	00	14	0%

Fuente: Autores del proyecto

La captura de la señal de salida para la anomalía programada se observa en la figura 73.

Figura 73. Captura de la señal de salida del generador para la prueba número cinco



Fuente: Autores del proyecto

Al programar el generador el periodo teórico era de 49 milisegundos, en la figura 73 se observa que el periodo real de la señal de salida es de 49,6 milisegundos lo cual da un error de -1,22 %, además se ve claramente el tiempo de operación de cada tap así, el tap 8 trabaja durante 16,67 milisegundos, el tap número tres esta activo durante 16,67 milisegundos y el tap 0 esta activo durante 16,26 milisegundos, lo observado lleva a concluir que el equipo operó de manera adecuada y de acuerdo a lo programado.

## ANEXO H5 PRUEBA NÚMERO SEIS

En esta prueba se programa al generador de la siguiente manera:

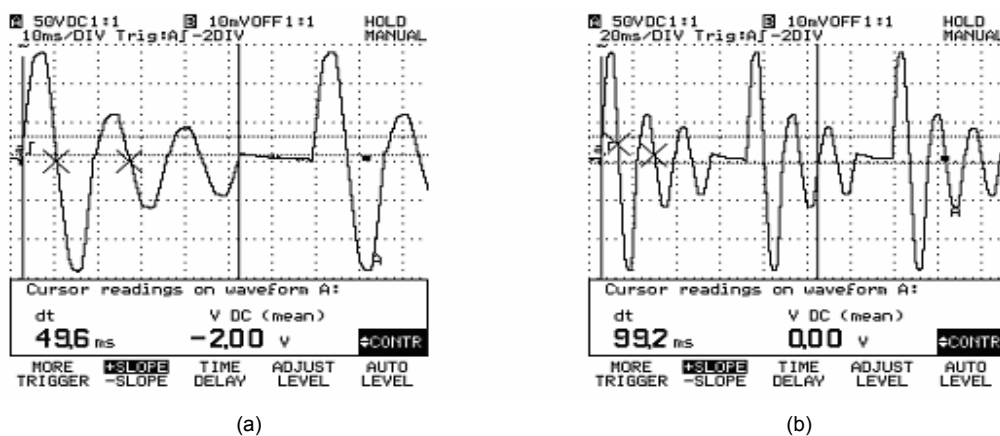
- Modo de operación: milisegundos
- Periodo: 67 milisegundos
- Sin carga.

Tabla 24 Salidas activas del generador en la prueba número seis

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	08	17	89%
02	04	17	36%
03	03	17	25%
04	00	16	0%

Fuente: Autores del proyecto

Figura 74. Captura de la señal de salida del generador en la prueba número seis



Fuente: Autores del proyecto

En esta prueba se pusieron en funcionamiento una mayor cantidad de tap's, y se realizaron dos capturas de la señal de salida que se pueden observar en la figura

74. La figura 74(a) muestra una anomalía completa y de ella se pueden sacar las siguientes conclusiones el periodo programado fue de 67 milisegundos y el real capturado por el osciloscopio fluke fue de 67,6 milisegundos lo cual arroja un error de -0,896 %, en la gráfica se observa un periodo de 49,6 milisegundos pero como es claro ahí no está incluido el tiempo de funcionamiento del tap 0, si se observa la parte izquierda en la figura 74(a) se nota que cada cuadro representa 10 milisegundos y a su vez cada cuadro está dividido en 5 partes cada una de 2 milisegundos el tiempo de actividad del tap 0 es de 9 divisiones ósea de 18 milisegundos, sumados al tiempo que se observa en la captura nos da un periodo de 67,6 milisegundos lo cual corrobora los cálculos anteriores. En la figura 74(b) se capturaron varias anomalías para demostrar el funcionamiento óptimo del equipo, allí se observa claramente que una vez terminada el funcionamiento del tap 0 inmediatamente entra en funcionamiento el 8 y la anomalía empieza de nuevo su ciclo. Con lo cual se comprueba que la onda producida por el generador de caídas e interrupciones de tensión está en concordancia con los datos programados.

## ANEXO H6 PRUEBA NÚMERO SIETE

En esta prueba se programa al generador de la siguiente manera:

- Modo de operación: milisegundos
- Periodo: 134 milisegundos
- Carga de 3 A.

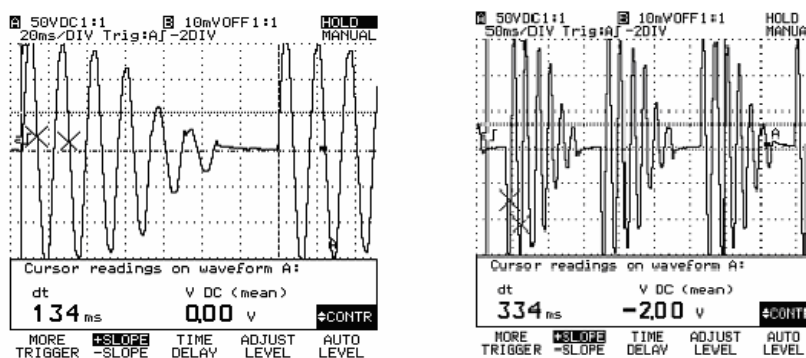
Tabla 25 Salidas activas del generador en la prueba número siete

Paso	Salida	Duración	Valor RMS salida (%)
01	06	17	100%
02	07	17	94%
03	08	17	89%
04	09	17	72%
05	04	17	36%
06	03	17	25%
07	02	17	16%
08	00	15	0%

Fuente: Autores del proyecto

Las capturas de la señal de salida tomadas en esta prueba se pueden observar en la figura 75.

Figura 75 Captura de la señal de salida del generador durante la prueba número siete



(a)

(b)

Fuente: Autores del proyecto

Al igual que en la prueba anterior se realizaron dos capturas (figura 75). La figura 75(a) que permite observar en detalle una sola anomalía y calcular el error entre el periodo real y el teórico que para este caso es del 0 %, además esta permite ver los tiempo de funcionamiento de cada tap de acuerdo a la programado, y la figura 75(b) que permite apreciar el funcionamiento continuo del generador de interrupciones y caídas de tensión, este tipo de formas de onda son prueba para determinar el funcionamiento del equipo generando fallas de tipo no rectangulares.