

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE AUMENTEN SU PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Jofrank D. Pereira A.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

# **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO**

## **PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE AUMENTEN SU PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

Prof. Guía: Ing. Julián Pérez  
Tutor Industrial: Ing. Zulmy Sulbarán

Presentado ante la Ilustre  
Universidad Central de Venezuela  
por el Br. Jofrank D. Pereira A.  
para optar al Título de  
Ingeniero Electricista

Caracas, 2011

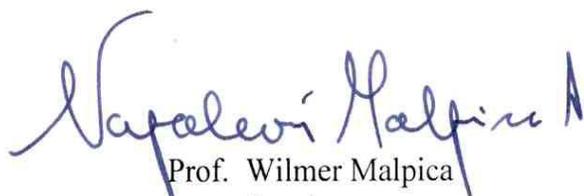
## CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 06 de junio de 2011

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Jofrank D. Pereira A., titulado:

### “PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCESO DE RECUPERACIÓN DE CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA QUE AUMENTEN SU PRODUCCIÓN Y CALIDAD”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Industrial, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.

  
Prof. Wilmer Malpica  
Jurado

  
Prof. José Moronta  
Jurado

  
Prof. Julián Pérez  
Prof. Guía

## **DEDICATORIA**

Una dedicatoria es una manera de reconocer y agradecer a quienes ayudaron, apoyaron y motivaron a que esta investigación se lograra en feliz término, es por esto que particularmente pienso dedicarle este trabajo a Dios el cual me dio la fortaleza, la motivación y puso en mi camino a muchas personas que me ayudaron a culminar esta meta que será el principio de muchas más.

Regalo a mis padres mis logros por su apoyo incondicional en todo momento y por su disposición al educarme y hacer de mi una persona responsable y dedicada.

Le dedico esta meta a toda mi familia y amigos porque son personas que siempre se han sentido orgullosos de mí y me han apoyado en todo, sus palabras fueron la fortaleza para seguir adelante. Por último dedico este logro a mi persona, por ser esté, el fruto de la constancia y perseverancia que dispuse para que la misma se lograra.

Jofrank Pereira

## **AGRADECIMIENTOS**

Muchas personas de alguna manera me han ayudado en esta experiencia de aprendizaje, pero el que se gana todos los aplausos es Dios. Gracias a Él, en los momentos de dificultad, me recordaba que tenía todas las herramientas necesarias para seguir adelante. Es por eso que le doy las gracias por ayudarme desde el comienzo de la carrera, a nunca desmayar y seguir alcanzado las metas. A mis padres les doy las gracias por enseñarme a tener constancia y dedicación en el trabajo, por darme apoyo y especialmente por enseñarme a ser una mejor persona cada día.

Por otra parte quiero agradecerle a la Electricidad de Caracas, especialmente a Zulmy Sulbarán por su gran apoyo en brindarme toda información necesaria para el cumplimiento de esta investigación y por su confianza para enfocar la investigación en tan prestigiosa empresa.

Al igual quiero agradecer a la Universidad Central de Venezuela por ser esta Casa de Estudio la forjadora de mi educación y es por esto, que estoy muy agradecido con todos los profesores y compañeros que ayudaron en ello.

Jofrank Pereira

**Pereira A. Jofrank D.**

**PROPUESTA DE MEJORAS AL PROCESO DE  
RECUPERACIÓN DE CONTADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA  
QUE AUMENTEN SU PRODUCCIÓN Y CALIDAD**

**Tutor Académico o Profesor Guía: Ing. Julián Pérez. Tutor Industrial: Ing. Zulmy Sulbarán. Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Industrial. Institución: CORPOELEC (La Electricidad de Caracas). 2011. 83 h. + Anexos.**

**Palabras Claves;** Proceso de producción, Contador de energía eléctrica, Calculador de error, Cinta transportadora.

**Resumen.** Debido al déficit actual que ha presentado el proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica de la Electricidad de Caracas, se realiza el estudio de cada una de las etapas que comprende el proceso en búsqueda de mejoras que aumenten la producción y la calidad del producto final. Mediante el análisis documental de los manuales de los procesos y la observación directa de cada etapa se detectan diversas debilidades y se plantean diferentes propuestas correctivas. Entre las propuestas que surgen, se profundizan y desarrollan con mayor énfasis dos diseños importantes. El primer diseño abarca el desarrollo de un sistema que permita verificar una mayor cantidad de contadores en las mesas de calibración que operan actualmente, para ello se realiza la programación de microcontroladores PICs que se encarguen de hacer el cálculo del error relativo porcentual necesario para la calibración de los contadores según su clase. El segundo diseño comprende el desarrollo de un sistema que permita controlar el arranque y frenado de los motores de unas cintas transportadoras que llevan los contadores de una etapa del proceso a otra. Empleándose dispositivos electromagnéticos para su funcionamiento y protección. Se propone el frenado automático de la cinta transportadora mediante un sensor infrarrojo que detecte la presencia del contador al llegar a su destino. Ambos diseños van enfocados al aumento de la producción y mejoramiento del proceso.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CONSTANCIA DE APROBACIÓN.....</b>	<b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VI</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>X</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>XII</b>
<b>LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA, JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	
	<b>3</b>
<b>LA EMPRESA.....</b>	<b>3</b>
Misión, Visión y Valores.....	3
Estructura y Organización.....	5
Proceso de Recuperación de Contadores.....	6
Reseña Histórica Del Taller de Medidores .....	8
<b>EL PROBLEMA.....</b>	<b>10</b>
Justificación e Importancia.....	10
Planteamiento del Problema.....	10
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
Objetivo General.....	13
Objetivos específicos.....	13
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	
	<b>14</b>
2.1. DEFINICIONES.....	14
2.2. Principio de funcionamiento del contador.....	18

2.3.	MESA DE VERIFICACIÓN. ....	22
2.4	PROCESO DE VERIFICACIÓN Y AJUSTE. ....	27
2.4.1.	Método de las constantes o comparación de pulsos.....	27
2.4.2.	Procedimiento para la verificación y calibración.....	28
2.5.	COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	30
2.5.1.	Microcontroladores.....	30
2.5.2.	PICs.....	30
2.6.	SISTEMA DE CINTA TRANSPORTADORA.....	30
2.6.1.	La cinta transportadora .....	31
 <b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>		<b>35</b>
3.1.	ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN .....	35
3.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	36
3.3.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
3.4.	FASES DEL DESARROLLO .....	37
 <b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>		<b>41</b>
4.1.	ESTUDIO DEL SISTEMA. ....	41
4.2.	DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES. ....	45
4.2.1.	Especificaciones del Contador:.....	46
4.2.2.	Especificaciones del Patrón: .....	46
4.2.3.	Impulsos.....	47
4.2.4.	Error relativo porcentual del contador.....	48
4.2.5.	Tiempo de revolución .....	49
4.3.	DISEÑO DE CALCULADOR DE ERROR .....	51
4.4.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	53
4.5.	PROGRAMACIÓN.....	55
4.5.	SIMULACIÓN .....	59
4.7.	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	61
4.8.	DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL DE LA CINTA TRANSPORTADORA .	67

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>81</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Organigrama de la empresa.....	5
Figura 2.	Organigrama de la gerencia operativa de distribución.....	5
Figura 3.	Organigrama de talleres y laboratorios.....	6
Figura 4.	Partes del contador de energía eléctrica.....	18
Figura 5.	Mesa de verificación.....	22
Figura 6.	Indicadores de la mesa de verificación.....	24
Figura 7.	Calculador de error tvk4 landis&gyr.....	25
Figura 8.	Contador patrón tvh 1.3 landis&gyr.....	26
Figura 9.	Fotocélula utilizada en la mesa de verificación.....	27
Figura 10.	Cinta transportadora.....	31
Figura 11.	Esquema del funcionamiento del calculador de error diseñado.....	52
Figura 12.	Microcontrolador pic 12f629.....	53
Figura 13.	Microcontrolador pic 16f877a.....	54
Figura 14.	Teclado y microcontrolador pic mm74c922.....	54
Figura 15.	Pantalla lcd2 lm018l.....	55
Figura 16.	Circuito electrónico del calculador de error diseñado.....	60
Figura 17.	Inicialización del sistema.....	61
Figura 18.	Error calculado para los valores iniciales y el tiempo empleado.....	62
Figura 19.	Valor de corriente inicial.....	63
Figura 20.	Valor de corriente modificado, impulsos y tiempo calculados.....	63
Figura 21.	Error calculado con la nueva corriente.....	63
Figura 22.	Constante inicial.....	63
Figura 23.	Constante modificada con el número decimal sin la coma.....	64
Figura 24.	División de constante modificada de 1 a 10.....	64
Figura 25.	Error calculado para el contador a verificar.....	65
Figura 26.	Circuito equivalente en por unidad.....	70

<b>Figura 27. Circuito de potencia y de control del arranque directo.....</b>	<b>72</b>
<b>Figura 28. Funcionamiento del frenado automático. ....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 29. Circuito de funcionamiento del sensor infrarrojo.....</b>	<b>75</b>
<b>Figura 30. Circuito con capacidad de variar la distancia de detección. ....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Exactitud del contador.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 2. Especificaciones de los contadores.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 3. Especificaciones del patrón. ....</b>	<b>46</b>
<b>Tabla 4. Especificaciones fijas de placa del patrón.....</b>	<b>47</b>
<b>Tabla 5. Especificaciones de inicialización. ....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 6. Especificaciones de placa del contador a verificar.....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 7. Datos de placa del motor. ....</b>	<b>67</b>
<b>Tabla 8. Resistencias y reactancias de los conductores. ....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 9. Datos del transformador.....</b>	<b>68</b>

## **LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

- ISO:** International Organization for Standardization
- SAP:** Systems, Applications, Products in Data Processing
- RAM:** Random Access Memory
- ROM:** Read Only Memory
- CPU:** Central Processing Unit
- PIC:** Peripheral Interface Controller
- RISC:** Reduced Instruction Set Computer
- PIA:** Pequeño Interruptor Automático
- LCD:** L i q u i d C r y s t a l D i s p l a y
- AWG:** American Wire Gauge
- MCM:** Mil Circular Mils
- LED:** Light Emitting Diode
- DC:** Direct Current

## INTRODUCCIÓN

La energía eléctrica hoy en día es uno de los servicios básicos más importantes para la humanidad, supliendo necesidades desde usuarios residenciales hasta grandes consumidores industriales, impulsando el desarrollo y la tecnología.

La Corporación Eléctrica Nacional (CORPOELEC) es una corporación operadora estatal adscrita al Ministerio del Poder Popular para la Energía y Petróleo, encargada de la realización de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. Entre las empresas que conforman esta corporación se encuentra La Electricidad de Caracas, la cual suministra servicio eléctrico en la Región Norcentral.

Para la empresa es de suma importancia tener una buena cuantificación de la energía que suplen. Por ello, son empleados los contadores de energía eléctrica, los cuales una vez que son instalados, tienen un tiempo estimado de 10 años de vida útil.

En vista de los altos costos que conlleva la sustitución de los mismos por contadores nuevos, la EDC, en el Taller de Medidores ubicado en el Centro de Servicios de Chacao, ha venido realizando un proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica usados, de tal manera que estos puedan ser nuevamente suministrados a los diferentes usuarios.

El presente trabajo de grado consta de cinco capítulos, principalmente enfocados en el estudio de las diferentes etapas de este proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica activa, en búsqueda de mejoras tecnológicas que puedan ser aplicadas, así como la automatización de diversas partes del proceso que permitan aumentar la producción y mejorar la calidad del producto final.

En el primer capítulo, se muestra la Descripción de la Empresa, la Justificación y Planteamiento del Problema, así como los Objetivos del trabajo.

En el segundo capítulo, se presenta el Marco Teórico, donde se definen los fundamentos o bases teóricas que permitan obtener un completo entendimiento sobre los distintos términos utilizados durante el desarrollo del trabajo.

El tercer capítulo, consta del Marco Metodológico. Aquí se expone detalladamente la metodología empleada para el desarrollo del presente trabajo de grado, explicando el área de trabajo, tipo de investigación, técnicas de recolección de datos y la manera en que se lleva a cabo las diferentes fases en que se divide el desarrollo del proyecto.

En el cuarto capítulo se explica y analiza de manera más amplia el desarrollo cada una de las fases que comprenden el presente proyecto, partiendo de lo antes expuesto en el capítulo III referente a la metodología.

Por ultimo, se presenta las Conclusiones y Anexos.

# **CAPÍTULO I**

## **DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA, JUSTIFICACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **LA EMPRESA.**

La Electricidad de Caracas, es una empresa con más de 110 años de experiencia, que provee de servicio eléctrico a más de un millón de clientes y cuatro millones y medio de usuarios, cubriendo una extensión de 5200 Km<sup>2</sup>, distribuidos entre la Gran Caracas (Vargas, Guatire, Guarenas, Los Teques) y San Felipe en el Estado Yaracuy.

La empresa presta servicios en las áreas de Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización, con una capacidad instalada de 2.316 Megavatios, para satisfacer la demanda de energía eléctrica de las distintas áreas servidas. El 100% de la energía que distribuye es generada en sus cinco plantas termoeléctricas, que utilizan como combustible gas y fuel oil.

### **Misión, Visión y Valores.**

#### **Misión:**

“La Electricidad de Caracas es una empresa del Estado venezolano dedicada a proveer el mejor servicio eléctrico y comprometida a responder las expectativas de sus clientes, trabajadores y accionistas, contribuyendo así a elevar la calidad de vida de la sociedad venezolana.” [1]

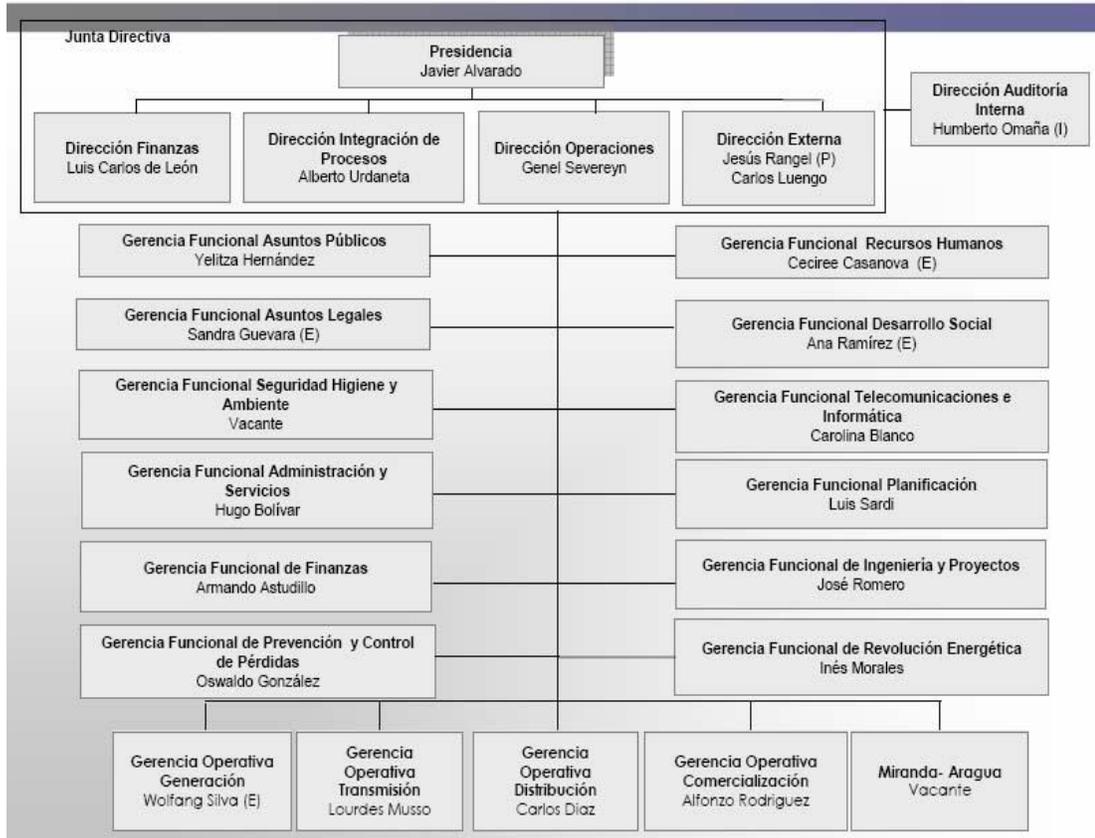
**Visión:**

“Ser una empresa reconocida nacional e internacionalmente como líder innovador, proveedora de un servicio eléctrico de alta calidad, con personal y tecnologías excelentes, financieramente sólida y factor fundamental del sector eléctrico venezolano.” [1]

**Valores:****Los trabajadores y trabajadoras de La EDC:**

- **Ponen la seguridad primero.** La seguridad siempre está primero, para nuestra gente, las contratistas y las comunidades. [1]
- **Actúan con integridad.** Somos honestos, dignos de confianza y responsables. La Integridad es la esencia en todo lo que hacemos, en la forma de conducirnos y en la manera de relacionarnos los unos con los otros. [1]
- **Honran sus compromisos.** Honramos los compromisos con nuestros clientes, compañeros, comunidades, accionistas, proveedores y socios. Queremos que nuestro negocio, en general, sea una contribución positiva a la sociedad. [1]
- **Se esfuerzan por la excelencia.** Nos esforzamos para ser los mejores en todo lo que hacemos y para operar con niveles de clase mundial. [1]
- **Disfrutan su trabajo.** El trabajo puede ser divertido, gratificante y emocionante. Disfrutamos de nuestro trabajo y apreciamos la satisfacción de ser parte de un equipo que está marcando una diferencia. Y cuando deje de ser de esa manera, cambiaremos lo que hacemos o cómo hacemos las cosas. [1]

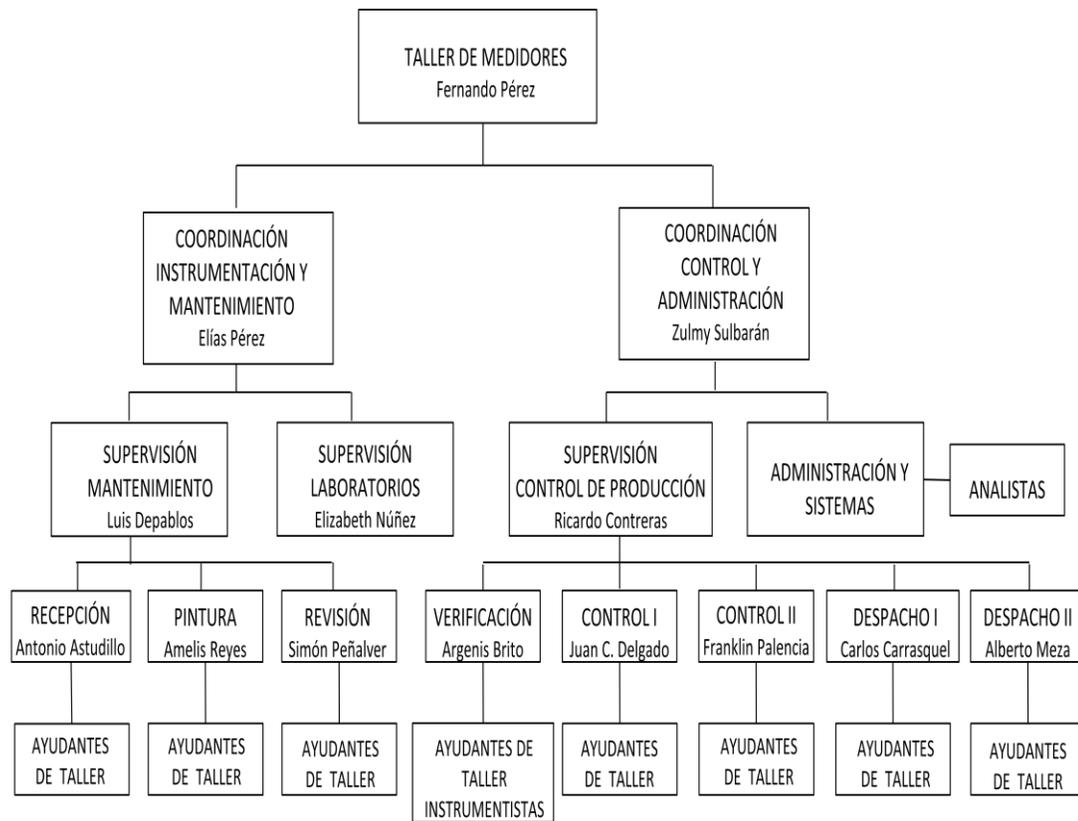
## Estructura y Organización.



**Figura 1. Organigrama de la Empresa.**



**Figura 2. Organigrama de la Gerencia Operativa de Distribución.**



**Figura 3. Organigrama de Talleres y Laboratorios.**

### **Proceso de Recuperación de Contadores.**

Dentro del equipo de Talleres y Laboratorios se lleva a cabo el proceso de recuperación de contadores. Este proceso se divide en 8 etapas, ubicadas en distintas áreas de trabajo, cada una de ellas se presenta a continuación:

#### **Área de Recepción**

- Recepción de contadores usados
- Selección de contadores procesables y no procesables
- Creación de hojas de ruta para proceso de recuperación

## **Área de Pintura**

- Mantenimiento externo del medidor :
  - Lavado
  - Pintura
  - Cambio de vidrios

## **Área de Revisión (Mantenimiento Interno)**

- Mantenimiento interno del medidor :
  - Revisión de relojería
  - Cambios de pieza
  - Limpieza
  - Engrase (cuando se requiere)

## **Área de Verificación (Mantenimiento Interno)**

- Verificación del funcionamiento relojería.
- Ajustes :
  - 10%  $\text{Cos}\varphi = 1$
  - 100%  $\text{Cos}\varphi = 1$
  - 100%  $\text{Cos}\varphi = 0,5$

## **Área de Sellado y Control**

- Colocar precintos al medidor
- Cargar datos del contador en sistema
- Crear certificación
- Crear listados y entregar a SENCAMER para aferición legal

## **Área de Despacho**

- Entrega de contadores a unidades de Instalaciones

## **Laboratorio de Instrumentos**

- Mantenimiento de mesas de verificación
- Calibración de mesas de verificación
- Mantenimiento y reparación de instrumentos y equipos de otras unidades

## **Laboratorio de Precisión**

- Mantenimiento de contadores electrónicos
- Pruebas para homologación de modelos
- Verificaciones de contadores (Plantas y S/E)
- Diseño e implementación de programas para contadores de energía

En conjunto, mediante todas estas etapas del proceso, se hace posible la recuperación y mantenimiento de los contadores de energía eléctrica una vez que son retirados de los clientes al cumplirse su periodo de aferición legal.

## **Reseña Histórica Del Taller de Medidores**

“En el año 1895 se funda la Compañía Anónima La Electricidad de Caracas con la finalidad de vender energía eléctrica a los habitantes de la capital del país y en un futuro a las demás ciudades que comprende el territorio Venezolano. Desde sus inicios surge la necesidad de utilizar y suministrar los equipos adecuados y confiables para medir la energía eléctrica suministrada al cliente.

En vista de esta necesidad se crea la Unidad Taller de Medidores, con el objetivo de prestar servicios de mantenimiento, verificación y calibración de equipos de medición como lo son los contadores de energía eléctrica (medidores) e instrumentos de medición eléctrica a las unidades operativas de la Electricidad de Caracas.

El Taller de Medidores se encargará desde entonces, de prestar los servicios necesarios para brindar confianza y seguridad en la medición de la energía eléctrica que consumen los Venezolanos, conformando así, una Unidad operativa con tecnología de punta y un personal con las capacidades técnicas necesarias para la ejecución de un excelente servicio.

El Taller de Medidores se encuentra actualmente inmerso dentro de los planes productivos mas importantes de la Electricidad de Caracas, los cuales impactan directamente sobre la producción anual de la compañía como lo son el Plan de Aferición, Plan de Operativa Diaria y Planes Especiales.

Así mismo el Taller de Medidores mantiene implementado un Sistema de Gestión Integral, a través del cual persigue el propósito fundamental de mejorar continuamente los procesos operativos del Taller así como su eficacia a través de la adopción de normas de calidad internacionales estándares como lo son las normas ISO.

En la actualidad el Taller de Medidores en búsqueda de la excelencia operativa trabaja actualmente en conjunto con la Gerencia Funcional de Tecnología de la Información en la implementación del proyecto “Control de Producción” de SAP, a través del cual se espera mantener un control de gestión sobre el proceso productivo del Taller de Medidores, logrando así trabajar en la mejora continua del Sistema de Gestión Integral.” [2]

## **EL PROBLEMA**

### **Justificación e Importancia.**

En búsqueda de brindar una mejor calidad de servicio a los usuarios, se contempla la necesidad de tener una excelente cuantificación de la energía que es consumida por cada cliente, ya sea residencial o industrial.

Enfocándose en dicha perspectiva, surge la importancia de comprender el estudio de las diferentes etapas del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica activa, en el Taller de Medidores de la Electricidad de Caracas ubicado en el Centro de Servicios Chacao, en búsqueda de mejoras tecnológicas que puedan ser aplicadas, así como la automatización de diversas partes del proceso, que permitan aumentar la producción y mejorar la calidad del producto final.

### **Planteamiento del Problema.**

Para hacer posible el suministro de los contadores de energía eléctrica recuperados, cada uno de ellos debe contar con un certificado de aferición emitido por el Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos SENCAMER. La aferición no es más que la ejecución de diversas operaciones, regidas por las normas nacionales e internacionales correspondientes, realizadas a cada contador con el fin de determinar su correcto funcionamiento para el uso al cual está destinado. Dicho certificado valida que los contadores cumplan con lo anterior y bajo ese criterio permite que los mismos puedan ser despachados a las distintas unidades y posteriormente ser instalados a los usuarios finales para la medición de energía.

Actualmente, el proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica usados, ha presentado notables debilidades respecto a la calidad final que presenta el

producto, motivo por el cual en ciertas ocasiones se les niega el certificado de aferición y se rechazan lotes de contadores.

Cada vez que un lote de contadores es rechazado, este debe ser pasado nuevamente por el proceso, generando aumento de trabajo y grandes atrasos en la producción. Cabe resaltar, que el Laboratorio de Medidores establece metas que cumplir respecto a un número de contadores que pueden recuperarse anualmente y a las necesidades del Plan de Aferición, Operativa Diaria y Recuperación de Energía. Lo ideal es alcanzar ese número de contadores recuperados al año y de ser posible, producir una cantidad mayor.

El proceso de recuperación de contadores consta de cinco etapas, las cuales son: Recepción, Pintura, Revisión, Verificación y Control.

Una de las debilidades que limita la producción se encuentra en el proceso de verificación. En esta etapa se trabaja con unas mesas de calibración, las cuales poseen una fotocélula que sensa cada vez que el disco de un contador da una revolución completa, el tiempo que tarda en dar una revolución es comparado con un patrón y este arroja el error correspondiente, permitiendo que se ajuste el contador hasta obtener el error dentro del rango permitido. Varias de las mesas tienen capacidad de 8 medidores y poseen solo una fotocélula, lo cual hace que el proceso sea lento ya que se verifica un solo contador a la vez.

Una vez calibrados los contadores, son llevados por medio de unas cintas transportadoras hasta la etapa de control. Los motores de dichas cintas son arrancados de forma directa, proporcionando movimientos bruscos en los contadores pudiendo afectar su calibración. Luego del traslado, la cinta es frenada desconectando manualmente el motor por medio de contactores que se encuentran en mal estado, los cuales en ocasiones no funcionan, teniendo como consecuencia caída de los contadores. Sería deseable, tener un control de arranque y frenado de dicho sistema.

En vista de la problemática expuesta, se plantea el estudio de las diferentes etapas del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica activa, en búsqueda de mejoras tecnológicas que puedan ser aplicadas, así como la automatización de diversas partes del proceso, que permitan aumentar la producción y la calidad del producto final.

## **OBJETIVOS.**

### **Objetivo General.**

Estudiar las diferentes etapas del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica activa, en búsqueda de mejoras tecnológicas que puedan ser aplicadas, así como la automatización de diversas partes del proceso, que permitan aumentar la producción y la calidad del producto final.

### **Objetivos específicos.**

- a. Conocer los procedimientos establecidos para la recuperación de contadores, y los diferentes dispositivos empleados en distintas etapas del proceso.
- b. Identificar las debilidades y fallas que presentan los dispositivos empleados en el proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica.
- c. Determinar qué mejoras pueden ser aplicadas a las diferentes etapas del proceso, cumpliendo con las normas respectivas.
- d. Diseñar un sistema automático que permita controlar y agregar una mayor cantidad de fotocélulas, empleadas para sensar las revoluciones de cada contador, en las mesas de verificación que poseen una capacidad de 8 a 10 contadores y solo poseen una fotocélula.
- e. Diseñar un sistema automático que permita el control de accionamiento y frenado del motor de las cintas transportadoras empleadas en el proceso.
- f. Establecer los recursos necesarios para la implementación de las mejoras que puedan ser aplicadas a las diferentes etapas del proceso.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

La inmersión en el conocimiento de otras teorías, que estén vinculadas con el planteamiento del problema en estudio, ayudan en gran parte a proporcionar una visión amplia de la investigación, del mismo modo el marco teórico brinda un contexto donde los descubrimientos de otros investigadores sirven de soporte para futuros planteamientos.

En este capítulo se usa como complemento teórico el desarrollo de los términos más relacionados con el presente estudio, a fin de crear un panorama claro en cuanto a la terminología utilizada en el mismo.

#### **2.1. DEFINICIONES.**

Las siguientes definiciones fueron tomadas de la norma COVENIN 805:1990. “Contadores de Energía Eléctrica Activa de Inducción Monofásicos y Polifásicos, Clase 0,5, 1 y 2”.

#### **Contador de energía eléctrica**

Es un instrumento integrador que mide el consumo de energía eléctrica activa en watts-hora o en múltiplos de esta unidad.

### **Contador de inducción**

Es un instrumento cuyo elemento móvil gira debido a la acción combinada de corrientes inducidas en él, por campos magnéticos alternos generados por uno o más circuitos de voltaje y corriente, los cuales conforman los elementos motores.

### **Contador de inducción monofásico**

Es un instrumento que esta constituido por 1 o 1½ elementos motores y está destinado a ser usado en un circuito monofásico de dos o tres hilos.

### **Contador de inducción polifásico**

Es un instrumento que esta compuesto por dos o más elementos motores, y esta destinado a ser usados en circuitos polifásicos.

### **Contador patrón**

Es un instrumento diseñado y construido para el servicio de ajuste, comparación o ambos.

### **Patrón de servicio**

Es aquel destinado a la calibración de contadores.

### **Dispositivos de ajuste**

Son aquellos con los cuales se calibra el contador para que registre la energía a medir dentro de los errores admisibles.

### **Elemento móvil**

Conjunto formado por disco, eje y partes solidarias, que giran con velocidad proporcional a la potencia eléctrica del circuito cuya energía se desea medir.

### **Elemento de freno**

Es una parte del contador, que comprende uno o más imanes, destinada a producir un par de freno sobre el elemento móvil.

### **Velocidad nominal**

Es la velocidad de rotación del elemento móvil expresado en vueltas por minuto, cuando el contador se encuentra bajo el voltaje, la corriente y la frecuencia, nominales, factor de potencia unitario y en las condiciones de referencia.

### **Índice de clase**

Es el número que expresa el límite del error porcentual admisible, para todos los valores de corriente entre el 10% de la corriente nominal y la corriente máxima, con factor de potencia unitario (en caso de polifásico debe ser con cargas balanceadas), cuando el contador se ensaya bajo las condiciones de referencia. La expresión “clase 2”, por ejemplo, significa que el error límite de precisión en el instrumento considerado no sobrepasa el 2% en su indicación mayor.

### **Constante de un contador de energía**

Es el valor que expresa la relación entre la energía registrada por el contador y el número de vueltas o revoluciones correspondientes al rotor, sea en watts-hora por vuelta (Wh/rev), o en vueltas por kilowatts-hora (rev/kWh).

### **Error absoluto del contador**

Es la diferencia algebraica entre la cantidad de energía eléctrica indicada por el contador y un valor aceptado como verdadero, indicado por un patrón. Si la diferencia es negativa el contador esta atrasado y si es positiva esta adelantado.

### **Error relativo del contador**

Es la relación entre el error absoluto y la cantidad de energía indicada por un patrón.

### **Error relativo porcentual del contador**

Es el error relativo del contador multiplicado por 100.

### **Error porcentual admisible del contador**

Es el máximo error porcentual del contador admitido en las Normas Venezolanas COVENIN 864 y 1993 para la condición específica de ensayo.

### **Aferición**

Es un conjunto de operaciones efectuadas por el Servicio Nacional de Metrología (o por otro organismo legalmente autorizado) que tiene por objeto constatar y afirmar que el instrumento de medida satisface completamente las exigencias de los reglamentos sobre la aferición y comprende el examen o comprobación y el marcaje o precintado.

## Calibración

Son las operaciones que se efectúan con los dispositivos de ajuste del contador, para que registre la energía a medir dentro de los errores admisibles.

### 2.2. Principio de funcionamiento del contador.

El contador de energía eléctrica básicamente está compuesto de la siguiente manera:

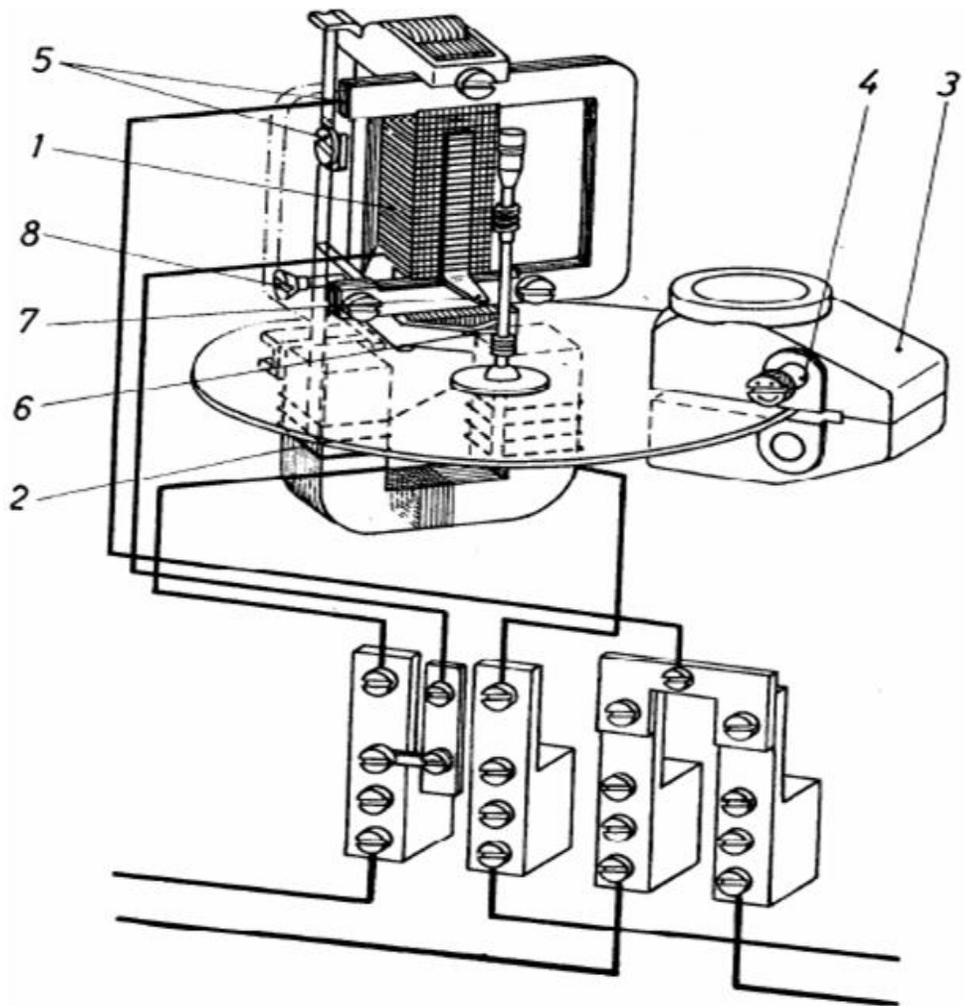


Figura 4. Partes del Contador de Energía Eléctrica.

1. Bobina de tensión.
2. Bobina de corriente.
3. Imán de frenado.
4. Tornillo de ajuste grueso sobre el imán de frenado.
5. Láminas que ajustan el núcleo de la bobina de tensión al cuerpo del contador.
6. Disco, elemento móvil.
7. Tornillo de juste para carga inductiva.
8. Tornillo de ajuste fino.

El contador de inducción esta compuesto por una bobina de tensión y una bobina de corriente, cada bobina excita a un electroimán con corriente alterna. En el entrehierro de estos electroimanes gira un disco de aluminio.

Cada electroimán genera un flujo alterno que atraviesa el disco produciendo f.e.m. por Ley de Lenz-Faraday:

$$E1 = -\frac{d\phi1}{dt}$$

$$E2 = -\frac{d\phi2}{dt}$$

Como el disco es una espira cerrada, aparecen en él corrientes inducidas  $i_1$  e  $i_2$  respectivamente, con sentido determinado por la regla de Maxwell o mano derecha. Estando a  $90^\circ$  eléctricos  $\phi_1$  e  $i_1$ , de igual manera  $\phi_2$  respecto a  $i_2$ .

Las corrientes inducidas por el  $\phi_1$  recorren todo el disco y también lo hacen las corrientes del  $\phi_2$ . Tal que  $i_1$  atraviesa el  $\phi_2$  e  $i_2$  atraviesa el  $\phi_1$ , provocando un par motor. De acuerdo a la Ley de Biot-Savart:

$$\vec{F} = l \cdot (\vec{i} \times \vec{B})$$

l: longitud del conductor (disco).

i: corriente inducida en el disco.

B: campo uniforme aplicado sobre el disco y generado por el electroimán.

F: fuerza que aparece en el disco.

El par motor es proporcional a la fuerza:

$$M_1 = r \cdot F$$

M: par motor

r: distancia desde el centro del disco al entrehierro.

Visto de otra manera:

$$M_1 = r \cdot l \cdot i \cdot B$$

Manteniendo r y l constante, y teniendo en cuenta que i y B son proporcionales a cada flujo se tiene:

$$M_1 = k \cdot \phi_2 \cdot \phi_1$$

Tomando como referencia el  $\phi_1$  proporcional a la tensión y el  $\phi_2$  proporcional a la corriente, directamente se tiene un par motor proporcional a la potencia, tal que:

$$M_1 = k_1 \cdot P$$

Como el momento angular de un disco esta dado por:

$$M_{to} = J \cdot \gamma$$

La aceleración angular será:

$$\gamma = \frac{M_{to}}{J}$$

Con  $J = \text{constante}$

La aceleración angular del disco será:

$$\gamma_{\text{disco}} = k_2 \cdot M_1$$

$$\gamma_{\text{disco}} = k_3 \cdot P$$

Se tiene como resultado que la aceleración angular del disco es proporcional a la potencia que se le suministre. Para poder cuantificar la energía es necesario que sea la velocidad angular del disco proporcional a la potencia. Como solución, el contador cuenta con el elemento de freno, el cual proporciona un par  $M_2$  opuesto a  $M_1$ . De esta manera, al anularse los pares queda constante la velocidad angular del disco, siendo proporcional a la potencia que se este suministrando.

Finalmente, el contador logra medir la energía, contando el número de vueltas que da el disco en un determinado tiempo. El número de vueltas es indicado por un sistema mecánico de relojería, que tiene incluido la constante de proporcionalidad que permite leer directamente en kWh.

### 2.3. MESA DE VERIFICACIÓN.

Las mesas de verificación son mesas equipadas por un conjunto de dispositivos, los cuales permiten realizar la verificación de los contadores de energía eléctrica. Estas funcionan conectadas a una tensión trifásica de 208V. Internamente ellas cuentan con una serie de autotransformadores de tensión y de corriente, los cuales poseen unos taps que permiten colocarle un nivel de referencia y unas perillas de ajuste para variar el porcentaje de magnitud, con la finalidad de suministrar los niveles de tensión y corriente necesarios para hacer las pruebas pertinentes de calibración de los contadores. En la figura 5 se puede observar con mejor detalle las partes de la mesa de verificación modelo Vatimétrica Landis&Gyr con la cual se trabaja.



**Figura 5. Mesa de verificación.**

Cada una de las partes de la mesa de calibración se explica con mayor detalle a continuación, siguiendo la enumeración mostrada en la figura 5.

**1) Botones de encendido y apagado de tensión y corriente.**

Los botones de tensión permiten energizar y desenergizar el lado primario de los transformadores de tensión de la mesa por medio de contactores internos. De forma análoga funcionan los botones de corriente.

**2) Taps de corriente**

Son perillas mecánicas que permiten seleccionar distintas derivaciones (número de espiras) de las bobinas del lado secundario del transformador de corriente, para ajustar niveles específicos a la salida.

Adicionalmente cada tap tiene una segunda perilla para ajustar el porcentaje de la magnitud de corriente previamente seleccionado.

**3) Bornes de salida de corriente**

Son las salidas del lado secundario del transformador de corriente, que permiten que los niveles seleccionados sean conectados al contador que vaya a ser verificado.

**4) Taps de tensión**

Son perillas mecánicas que permiten seleccionar distintas derivaciones (número de espiras) de las bobinas del lado secundario del transformador de tensión, para ajustar niveles específicos a la salida.

Adicionalmente, cada tap tiene una segunda perilla para ajustar el porcentaje de la magnitud de tensión previamente seleccionado.

#### 5) **Bornes de salida de tensión**

Son las salidas del lado secundario del transformador de tensión, que permiten que los niveles seleccionados sean conectados al contador que vaya a ser verificado.

#### 6) **Dacalador de reactancia**

Es una perilla que ajusta la reactancia del sistema, permitiendo variar el factor de potencia hasta llevarlo al valor deseado para la prueba que se le vaya aplicar.

#### 7) **Indicadores**

Cuenta con tres indicadores (uno por fase) de aguja para visualizar el porcentaje de tensión aplicado, tres más del mismo tipo para visualizar corriente y por último tres indicadores digitales que muestran el valor de la potencia activa por cada fase.



**Figura 6. Indicadores de la Mesa de Verificación.**

## 8) Calculador de error

Es un dispositivo que cuenta la cantidad de pulsos emitidos por el patrón durante una revolución del disco del contador y la compara con el valor teórico calculado, para así obtener el error porcentual relativo del contador.

El calculador de error que utiliza esta mesa es un TVK4 Landis&Gyr, el cual se muestra en la figura 7.



**Figura 7. Calculador de Error TVK4 Landis&Gyr.**

- 8.1) Alimentación trifásica 208V.
- 8.2) Señal de la fotocélula, que indica cuando el disco da una revolución.
- 8.3) Señal del patrón. Tren de pulsos con el cual se cuantifica la duración de una revolución del disco.
- 8.4) Botón de reset manual.
- 8.5) Perillas de selección para introducir el número de pulsos de patrón que idealmente deberían de haber por cada revolución del disco.
- 8.6) Perillas para introducir el valor de la constante del contador.

8.7) Perilla de selección del porcentaje de corriente nominal del contador.

8.8) Botones funcionales:

-Encendido y apagado

-Reset manual

-Paro e inicio

-Señal acústica

-Cos  $\varphi$ , 1 o 0,5.

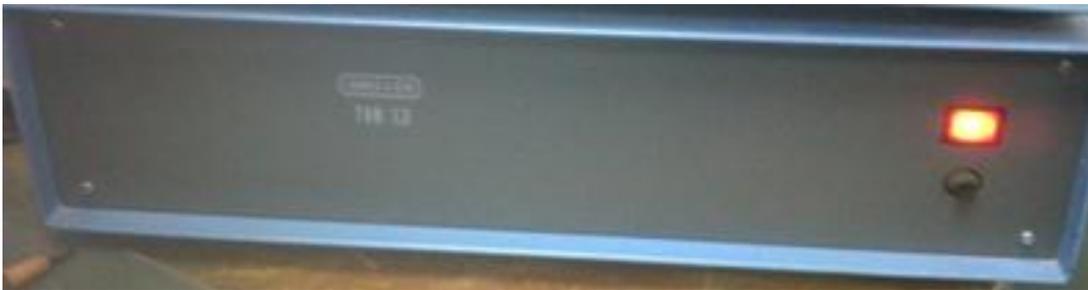
-Escala del error.

-Indicador del tiempo.

## 9) Patrón

Dispositivo que emite un tren de pulsos proporcional al porcentaje de la potencia de entrada del oscilador, utilizado para cuantificar la duración de una revolución del disco del contador.

Internamente posee transformadores de tensión y de corriente que mantienen una potencia fija en la entrada del oscilador, esta solamente cambia cuando porcentaje de algunos de los taps varían. El patrón utilizado por la mesa es un TVH 1.3 Landis&Gyr mostrado en la figura 8.



**Figura 8. Contador Patrón TVH 1.3 Landis&Gyr.**

## 10) Fotocélula

Es un sensor óptico que actúa al observar contrastes de luz de claro a oscuro, emitiendo una señal la cual permite contar las revoluciones del disco del contador. La fotocélula con la cual trabaja la mesa es marca MTE modelo SH10, se presenta en la figura 9.



**Figura 9. Fotocélula utilizada en la mesa de verificación.**

## 2.4 PROCESO DE VERIFICACIÓN Y AJUSTE.

Luego de haberle realizado mantenimiento externo e internos a los contadores, estos deben ser verificados y calibrados para su correcto funcionamiento.

### 2.4.1. Método de las constantes o comparación de pulsos.

Este método permite realizar el cálculo del error relativo porcentual de un contador al medir energía eléctrica.

Para este método se relaciona las constantes del patrón y del medidor, obteniendo la cantidad de impulsos que idealmente debe emitir el patrón por cada

revolución del disco, para luego compararlos con el número de impulsos que emite realmente por cada revolución del disco del contador bajo ensayo. Teniendo en cuenta que por el patrón y por el contador circula la misma energía.

#### 2.4.2. Procedimiento para la verificación y calibración

El Laboratorio de Medidores de La Electricidad de Caracas, realiza estos ensayos a partir de los reglamentos establecidos por la Norma Venezolana COVENIN 864-04 “Contadores de Energía Eléctrica Activa de Inducción Monofásicos y Polifásicos Clase 0.5, 1 y 2”

En esta norma se establecen los requerimientos correspondientes a la verificación de la exactitud con la cual los contadores deben de medir energía eléctrica durante los tres ensayos que se aplican en el proceso de verificación.

En la tabla 1, se presentan dependiendo del índice de clase del contador y para cada ensayo, el error admisible según la sección 6.2.6 de la norma antes mencionada “Exactitud del Contador (Contraste)”.

**Tabla 1. Exactitud del Contador.**

Condición	%Vn	%In	Factor de Potencia	% Error Admisible		
				Clase 0,5	Clase 1	Clase 2
1	100	10	1	± 0,5	± 1,0	± 2,5
2	100	100	1	± 0,5	± 1,0	± 2,0
3	100	100	0,5 Ind	± 0,5	± 1,0	± 2,5

Sin embargo la empresa, en los ensayos de verificación se asegura de que los contadores se ajusten hasta tener un error por debajo del 0,5%, de esta manera previene de que salgan contadores con errores cercanos a los límites permitidos.

Para llevar a cabo los ensayos, se colocan los medidores en la mesa de verificación. Se conectan en paralelo los bornes de tensión de todos los contadores, y en serie los bornes de corriente, tal que tengan la misma energía eléctrica todos los contadores simultáneamente.

Para calibrar los contadores, se actúa directamente sobre los dispositivos de ajustes (tornillos de precisión) girándolos en un sentido o en otro, hasta lograr ajustar el factor que se desea calibrar.

Los tres ensayos a los cuales se someten los contadores para su verificación, son los siguientes, en el orden en que se les aplica:

a. Carga nominal:

Se le suministra al contador el 100% de tensión nominal y el 100% de su corriente nominal, con un factor de potencia unitario. Para esta condición se ajusta el tornillo de ajuste grueso ubicado en el imán de frenado del disco.

b. Carga inductiva:

Se le suministra al contador el 100% de tensión nominal y el 100% de su corriente nominal, con un factor de potencia igual a 0,5. Para esta condición se ajusta el tornillo de ajuste inductivo ubicado en la lámina superior del núcleo donde se arrolla la bobina de tensión.

c. Pequeña carga:

Este es el último ensayo ya que es el más susceptible a variaciones del error. Se le suministra al contador el 100% de tensión nominal y el 10%

de su corriente nominal, con un factor de potencia unitario. Para esta condición se ajusta el tornillo de ajuste fino ubicado en la lámina inferior del núcleo donde se arrolla la bobina de tensión.

## **2.5. COMPONENTES ELECTRÓNICOS**

### **2.5.1. Microcontroladores**

Un microcontrolador es un sistema, el cual dentro de un mismo chip incluye el CPU del procesador, memoria y elementos periféricos de forma que se pueda realizar todo realizar todo un sistema de control simplemente conectando los elementos exteriores. [3]

### **2.5.2. PICs**

Los PIC son una familia de microcontroladores tipo RISC que cuentan con un pequeño número de instrucciones, cuentan con una amplia gama de dispositivos de entrada y salida. Disponen de puertos paralelos de ocho bits, puertos series sincrónicos y asincrónicos, temporizadores, convertidores A/D y D/A, moduladores de anchos de pulsos, etc. Sus iniciales provienen de Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).” [4]

## **2.6. SISTEMA DE CINTA TRANSPORTADORA**

Luego de pasar por el proceso de verificación, los contadores son llevados al área de Control, a través de unas cintas transportadoras.

### **2.6.1. La cinta transportadora**

Es un sistema conformado por un motor trifásico jaula de ardilla, rodillos y una correa. El motor hace girar los rodillos que tienen acoplada la correa sobre la cual se transportan los objetos.

El sistema de transporte de contadores de energía eléctrica con que cuenta el taller de medidores, esta compuesto por dos cintas transportadoras.



**Figura 10. Cinta transportadora.**

### **Contactador**

“El contactor es un interruptor accionado electromagnéticamente, cuya principal aplicación es efectuar las maniobras de apertura y cierre de circuitos que

alimentan motores eléctricos. Una característica fundamental del contactor es su posibilidad de maniobra en circuitos sometidos a corrientes muy fuertes, mediante débiles corrientes de mando. Este es el motivo por el cual los esquemas de mando y potencia se montan por separado” [5]

### **Protección Contra Cortocircuitos**

“Se denomina cortocircuito a la unión de dos conductores o partes de un circuito eléctrico, con una diferencia de potencial o tensión entre si, sin ninguna impedancia eléctrica entre ellos. Este efecto, según la Ley de Ohm, al ser la impedancia cero, hace que la intensidad tienda a infinito, con lo cual peligra la integridad de conductores y máquinas debido al calor generado por dicha intensidad, debido al efecto Joule. En la práctica, la intensidad producida por un cortocircuito, siempre queda amortiguada por la resistencia de los propios conductores que, aunque muy pequeña, nunca es cero.” [6]

### **Interruptores Automáticos, Magnetotérmicos**

“Estos dispositivos, conocidos abreviadamente por PIA (Pequeño Interruptor Automático), se emplean para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles, ya que tienen la ventaja de que no hay que reponerlos; cuando desconectan debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearmen de nuevo y siguen funcionando. Estos aparatos constan de un disparador magnético, formado por una bobina, que actúa sobre un contacto móvil, cuando la intensidad que la atraviesa su valor nominal ( $I_n$ ). Éste es el elemento que protege la instalación contra cortocircuitos, por ser muy rápido su funcionamiento, y cada vez que desconecta por este motivo debe de rearmarse (cerrar de nuevo el contacto superior), bien sea manual o eléctricamente.” [6]

## **Protección Contra Sobrecargas**

“Entendemos por sobrecarga al exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento o bien, a una avería o demanda excesiva de carga de la máquina conectada a un motor eléctrico.” [6]

“Las sobrecargas deben protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción total de los aislamientos, de una red o de un motor conectado a ella. Una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito.” [6]

## **Relés Térmicos**

Los relés térmicos poseen biláminas compuestas por dos metales con coeficientes de dilatación muy diferentes unidos mediante laminación y rodeadas de un bobinado de calentamiento. Cada bobinado de calentamiento está conectado en serie a una fase del motor. La corriente absorbida por el motor calienta los bobinados, haciendo que las biláminas se deformen en mayor o menor grado según la intensidad de dicha corriente. Si la corriente absorbida por supera el valor de reglaje del relé, las biláminas se deformarán causando la apertura brusca del contacto del relé intercalado en el circuito de la bobina del contactor y el cierre del contacto de señalización. El rearme no será posible hasta que se enfríen las biláminas.

Los relés térmicos se utilizan para proteger los motores de las sobrecargas, pero durante la fase de arranque deben permitir que pase la sobrecarga temporal que provoca el pico de corriente, y activarse únicamente si dicho pico, es decir la duración del arranque, resulta excesivamente larga. La duración del arranque normal del motor es distinta para cada aplicación; puede ser de tan sólo unos segundos (arranque en vacío, bajo par resistente de la máquina arrastrada, etc.) o de varias decenas de segundos (máquina arrastrada con mucha inercia), por lo que es necesario contar con relés adaptados a la duración de arranque. [6]

La norma IEC 947-4-1-1 responde a esta necesidad definiendo tres tipos de disparo para los relés de protección térmica:

- Relés de clase 10: válidos para todas las aplicaciones corrientes con una duración de arranque inferior a 10 segundos.
- Relés de clase 20: admiten arranques de hasta 20 segundos de duración.
- Relés de clase 30: para arranques con un máximo de 30 segundos de duración.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

En el presente capítulo se procederá a establecer las pautas metodológicas mediante las cuales se hace posible cumplir con los objetivos iniciales del presente trabajo de grado.

Se parte de la definición del área de la investigación, el tipo de investigación y las técnicas utilizadas para la recolección de datos. Luego se muestra cada una de las fases que se llevaron a cabo para el desarrollo del proyecto.

#### **3.1. ÁREA DE LA INVESTIGACIÓN**

El área de la investigación abarca el estudio de cada etapa del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica, en busca de mejoras que logren aumentar la producción y la calidad final del producto.

Específicamente, realizando un recorrido exploratorio por cada área recopilando información que ayuden a identificar las fallas que se desean mejorar.

Entre las mejoras se propone el diseño de un sistema que permita utilizar simultáneamente un mayor número de fotocélulas en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gir, así como el diseño de un sistema que permita el control de arranque y frenado de las cintas transportadoras del taller de medidores de la Electricidad de Caracas.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente trabajo de grado es del tipo proyecto factible apoyado en una investigación de campo de carácter descriptivo y explicativo.

La investigación es de tipo proyecto factible, ya que abarca la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas productivos que actualmente presenta el Taller de Medidores de la Electricidad de Caracas. Detallando cada uno de los requerimientos necesarios para su implementación. [7]

La investigación de campo para el presente estudio asume el carácter descriptivo y explicativo, ya que se tomaron todos los datos de interés que detallen la realidad del objeto de estudio, mediante la observación y descripción de la situación existente. [8]

### **3.3. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas o herramientas utilizadas para la recolección de datos e información necesaria para el desarrollo del presente trabajo de grado fueron las siguientes:

#### **Observación directa:**

Mediante la visualización de cada etapa del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica, la observación de los equipos y dispositivos utilizados, se logra obtener información directa del funcionamiento y de las fallas que presenta el sistema.

**Revisión de registro:**

Se realiza la revisión de los materiales de interés existentes en la empresa, como lo son los planos eléctricos del Taller de Medidores, datos de placa y hojas de especificaciones de los equipos, así como manuales y planos de los dispositivos que se utilizan en el proceso.

**Análisis documental:**

Se lleva a cabo con el propósito de analizar la documentación impresa y digital de textos como lo son las distintas normas por las cuales se rige el proceso para su correcto funcionamiento y los manuales de procedimientos de cada etapa del proceso.

**3.4. FASES DEL DESARROLLO**

La elaboración del presente trabajo de grado fue estructurado en distintas fases de desarrollo, con el fin de llevar a cabo los objetivos planteados inicialmente de manera ordenada, facilitando la comprensión del desarrollo general del proyecto.

**FASE 1: Estudio del sistema.**

En esta primera fase del desarrollo se exponen las diferentes actividades y estudios realizados en el proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica, los cuales permiten identificar las debilidades y fallas que presenta el sistema, para luego determinar las mejoras que pueden ser aplicadas a las diferentes etapas del proceso que permitan el cumplimiento del objetivo principal del presente trabajo de grado.

## **FASE 2: Determinación de especificaciones.**

En esta fase se realiza el estudio de los conceptos y especificaciones necesarias, para poder elaborar el diseño del sistema de control de una mayor cantidad de fotocélulas, que verifiquen contadores de energía eléctrica de manera simultánea en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr.

Se detalla a profundidad las ecuaciones por las cuales se rige el método del cálculo del error relativo porcentual, que se utiliza para el diseño del calculador de error.

## **FASE 3: Diseño del calculador de error.**

Luego de estudiar las especificaciones y conocer en detalle los principios de funcionamiento de un calculador de error, se da pie a la segunda fase, en la cual se lleva a cabo el diseño un calculador de error que verifique hasta ocho contadores de energía eléctrica de manera simultanea en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr, tomando en cuenta todos los requerimientos y datos necesarios, como lo son:

- Tipos de contadores (monofásico o polifásico).
- Constante de cada contador (rev/kWh).
- Tensión y corriente nominal del contador a verificar.
- Constante del patrón (Impulsos/kWh que mide el patrón).
- Tensión y corriente nominal del patrón.
- Señal de salida del patrón (tensión pico y frecuencia).
- Número de fotocélulas.
- Señal de salida de las fotocélulas.
- Especificaciones del ensayo con carga nominal.
- Especificaciones del ensayo con carga inductiva.
- Especificaciones del ensayo con pequeña carga.

#### **FASE 4: Selección de componentes.**

Se presentan los diferentes criterios, a partir de los cuales se realizó la selección de los diversos componentes que se emplean en la elaboración del diseño del calculador de error que permita la verificación de hasta ocho contadores simultáneamente en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr.

#### **FASE 5: Programación.**

En esta fase del proyecto se describe el desarrollo de la programación empleada (tipo de programación, software utilizado y rutinas implementadas) para el diseño del calculador de error que permita la verificación de hasta ocho contadores simultáneamente en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr.

#### **FASE 6: Simulación.**

Se describe como la programación empleada se relaciona con el circuito elaborado con los componentes seleccionados en la fase anterior, a través del simulador que se emplea.

#### **FASE 7: Análisis del funcionamiento del sistema.**

Se comprueba el correcto funcionamiento del diseño, realizando la simulación del circuito eléctrico del sistema controlado, con la programación realizada. Analizando de manera detallada las versatilidades que presenta el sistema diseñado.

## **FASE 8: Diseño de sistema de control de la cinta transportadora**

Principalmente se recopilan los datos de placa del motor, así como toda la información pertinente a su funcionamiento.

Se estudia el sistema de accionamiento con que arranca el motor de la cinta transportadora actualmente, se detalla el funcionamiento del sistema y se realizan los cálculos necesarios para determinar si existen fluctuaciones de tensión que puedan afectar la calibración de los equipos al momento del arranque.

Por último se diseña un sistema que permita realizar el arranque de los motores de las cintas transportadoras de una manera más eficiente empleando dispositivos electromecánicos. Dicho sistema también permitirá controlar el frenado de la cinta de manera automática mediante sensores duales infrarrojos que detecten la llegada de los contadores a su destino.

## **CAPÍTULO IV**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

En este capítulo se procede a explicar detalladamente el desarrollo de todo lo realizado durante el presente trabajo de grado, exponiendo las diferentes actividades que fueron realizadas, los estudios elaborados y cada una de las fases en que se dividió el proyecto.

#### **4.1. ESTUDIO DEL SISTEMA.**

Mediante la observación directa, se realizó el estudio de cada etapa del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica, se recopiló información de los procedimientos empleados y de los dispositivos con que trabajan, detectando la mayor cantidad de fallas posibles que afecten la producción, en búsqueda de proponer mejoras que aumenten la productividad del proceso.

#### **Área de Recepción**

En primer lugar se estudió el área de recepción. En esta área básicamente se reciben los contadores usados y son clasificados como procesables y no procesables. Los contadores procesables son aquellos que pueden ser reparados, estos son registrados en una hoja de ruta y llevados al área de pintura. Los contadores no procesables son aquellos que no pueden ser recuperados, ya sea por obsolescencia, por no disponer de repuestos para dicho modelo o por estar gravemente deteriorados, estos son desarmados para tomar las partes que sirvan como repuestos y las que no se desincorporan como chatarra.

Observaciones: En esta etapa del proceso se pudieron observar dos aspectos que atrasan la producción. El primero es referente al estatus de los contadores, estos al ser desmontados a los usuarios por la Unidad de Instalaciones, deben ser registrados con estatus disponibles, de no ser así dichos contadores no pueden procesarse, frecuentemente ocurre que dicha unidad cambia en sistema el estatus de los contadores a “disponible” y no se notifica al área de recepción, por lo cual permanecen lotes de contadores en los depósitos sin procesarse. El otro aspecto es referente a los contadores no procesables, que al ser desarmados y tomar sus repuestos, no se tiene ningún inventario ni clasificación de las piezas por modelo de contador. Solamente se separan por tipo de repuesto, sin saber que cantidad de cada uno se cuenta, esto complica la búsqueda de repuestos los cuales en ocasiones no se encuentran en existencia.

Propuesta: Debe crearse una herramienta o sistema que permita que al momento en que los contadores se coloquen en estatus disponibles, automáticamente el área de recepción reciba esa información. Respecto a los repuestos, debe crearse un sistema de registro donde se tabulen todos los componentes por tipo y cantidad, al cual cada área del proceso tenga acceso.

### **Área de Pintura**

La siguiente área inspeccionada fue la de pintura. En esta área llegan los contadores procesables desde recepción y se les procede a hacer mantenimiento externo (latonería y pintura).

Observaciones: En esta etapa del proceso, se pudo ver que a los contadores se les hace mantenimiento externo sin asegurarse de que haya en existencia repuestos para ese modelo en específico en ese momento. En el caso de no haber repuestos, dichos contadores se retienen temporalmente hasta que el repuesto llegue, provocando atrasos. De haber un inventario de repuestos al que esta área tenga acceso

se evitarían estos inconvenientes. Por otra parte, se observó que las fallas o daños que se detectan en los contadores por los trabajadores en el área de pintura no son anotados ni registrados, es decir, llegan a la siguiente etapa del proceso sin nada que indique los daños que presenta.

Propuestas: Respecto a la existencia de repuestos, la solución va unida a la propuesta anterior sobre el sistema de registro de repuestos. Por otra parte, al operario detectar fallas en los equipos debe anotar dichas observaciones con el código del contador en la hoja de ruta para que cuando lleguen a la siguiente etapa del proceso se tenga especial cuidado con esos contadores y evitar que pasen desapercibidos, disminuyendo así las probabilidades de fallas en el proceso.

### **Área de Revisión**

Luego del mantenimiento externo, los contadores son llevados al área de revisión, donde se les procede hacer el mantenimiento interno. Esta es la etapa del proceso donde juegan el papel más importante los repuestos, ya que aquí se revisa la relojería, se cambian las piezas deterioradas y por último se limpia y engrasa el contador dejándolo listo para su verificación y calibración.

Observaciones: En esta área se observó que no cuentan con su propio almacén de repuestos sino que los mismos son solicitados al área de recepción donde se desarman los contadores no procesables, retardando de esta manera el proceso.

Propuesta: Para esta etapa es de suma importancia tener su propio almacén dotado de repuestos ordenados según su tipo y modelo del contador, teniendo un inventario de la cantidad existente, de tal manera que solo pasen por el proceso los contadores cuyo modelo tengan repuestos en almacén, obteniendo así un proceso más eficiente.

## **Área de Verificación**

La siguiente etapa del proceso que se estudió, fue el área de verificación, donde llegan los contadores luego de hacerles mantenimiento interno, para ser verificados y calibrados.

Observaciones: En esta área se pudo ver que varias de las mesas de verificación tienen capacidad de 8 medidores y poseen solo una fotocélula, lo cual hace que el proceso sea lento, ya que se verifica un solo contador a la vez.

Propuesta: Diseñar un sistema que permita controlar una mayor cantidad de fotocélulas en dichas mesas, lo cual aumentaría notablemente la producción.

## **Área de Control**

Luego de calibrarse los contadores, son trasladados por medio de unas cintas transportadoras hasta el área de control.

Observaciones: En esta área del proceso se pudo ver que los motores de dichas cintas son arrancados de forma directa, proporcionando movimientos bruscos en los contadores pudiendo afectar su calibración. Luego del traslado, la cinta es frenada desconectando manualmente el motor por medio de contactores que se encuentran en mal estado, los cuales en ocasiones no funcionan, teniendo como consecuencia caída de los contadores.

Propuesta: Diseñar un sistema control que permita el control de arranque y frenado de la cinta transportadora.

## **Área de Despacho**

Una vez que los contadores han sido precintado, registrados en SAP y certificados por SENCAMER, estos son llevados al área de despacho donde son repartidos a las cuadrillas (vehículos en que se llevan los contadores a la calle para instalar al usuario) sin mayores inconvenientes.

Todas las observaciones detalladas anteriormente, son de gran importancia para el aumento de la producción y la calidad final de los contadores recuperados, sin embargo, el presente trabajo de grado va direccionado a las realización de diseños que mejoren las etapas de verificación y control, en las cuales el investigador puede aplicar con mejor desempeño los diferentes conocimientos que adquirió durante toda la carrera.

### **4.2. DETERMINACIÓN DE ESPECIFICACIONES.**

Para poder elaborar el diseño del sistema de control de una mayor cantidad de fotocélulas, que verifiquen contadores de energía eléctrica de manera simultanea en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr, es necesario el estudio de los conceptos y especificaciones que se requieren, así como las ecuaciones por las cuales se rige el método del cálculo del error relativo porcentual que se utiliza como principio de funcionamiento del calculador de error.

En el taller de medidores de la Electricidad de Caracas, se implementa el método de las constantes, para calcular el error relativo porcentual con el cual los contadores miden la energía eléctrica. Para la aplicación de este método es necesario conocer las especificaciones nominales tanto del contador como del patrón.

#### 4.2.1. Especificaciones del Contador:

Deben conocerse los datos nominales de funcionamiento, como lo son, corriente nominal y tensión nominal. Adicionalmente se requiere de la constante del contador, la cual no es más que, la relación del número de revoluciones del disco del contador respecto a la energía que se esté midiendo, por lo tanto dicha constante viene expresada en [rev/kWh].

Estas tres especificaciones se presentan en la placa de cada contador y se trabaja con cada una de ellas bajo la siguiente nomenclatura:

**Tabla 2. Especificaciones de los contadores.**

$I_{nc}$ :	Corriente nominal del contador [A].
$V_{nc}$ :	Tensión nominal del contador [V].
$Ct_{c}$ :	Constante del contador [rev/kWh].
Tipo	Monofásico o polifásico

#### 4.2.2. Especificaciones del Patrón:

De este dispositivo también es necesario conocer, las siguientes tres especificaciones que de igual manera se presentan entre sus datos de placa:

**Tabla 3. Especificaciones del patrón.**

$I_{np}$ :	Corriente nominal del patrón [A].
$V_{np}$ :	Tensión nominal del patrón [V].
$Ct_{p}$ :	Constante del patrón [rev/kWh].

A diferencia de las especificaciones de los contadores, que son variables dependiendo del tipo y modelo del contador, para el caso del patrón las

especificaciones son fijas, ya que el mismo patrón instalado en la mesa de verificación es el que se utiliza para verificar los distintos contadores.

Estas especificaciones fijas del patrón son las siguientes:

**Tabla 4. Especificaciones fijas de placa del patrón.**

$I_{np}$ :	5 A.
$V_{np}$ :	120 V
$Ct_{te,p}$ :	$4 \cdot 10^6$ impulsos/kWh

A partir de estos datos del contador y del patrón, se procede a calcular la cantidad de impulsos que emite el patrón por cada revolución del disco del contador que se quiera verificar. Esta relación se conoce como “Impulsos”.

#### 4.2.3. Impulsos

$$\text{Impulsos} = \frac{Ct_{tep} \cdot I_{np} \cdot V_{np}}{Ct_{tec} \cdot I_{nc} \cdot V_{nc}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Introduciendo los respectivos valores fijos del patrón en la ecuación (1), se tiene:

$$\text{Impulsos} = \frac{4 \cdot 10^6 \frac{\text{impulsos}}{\text{kWh}} \cdot 5 \text{ A} \cdot 120 \text{ V}}{Ct_{tec} \left[ \frac{\text{rev}}{\text{kWh}} \right] \cdot I_{nc} [\text{A}] \cdot V_{nc} [\text{V}]}$$

$$\text{Impulsos} = \frac{2,4 \cdot 10^9}{Ct_{tec} \cdot I_{nc} \cdot V_{nc}} \left[ \frac{\text{impulsos}}{\text{rev}} \right] \quad \text{Ecuación (2)}$$

Estos Impulsos calculados, son el número de impulsos que idealmente o teóricamente debe de emitir el patrón por cada revolución del disco del contador a verificar.

Con base a esto, se realiza el cálculo del error relativo porcentual, tomando dichos “Impulsos” (cantidad de impulsos ideales o teóricos calculados) y comparandolos con los “Impulsos Contados” (cantidad de impulsos que emite el patrón realmente durante una revolución del disco del contador que se este verificando).

#### 4.2.4. Error relativo porcentual del contador

Siguiendo el mismo orden de ideas, el error será:

$$\%Error = \frac{\text{Impulsos} - \text{Impulsos Contados}}{\text{Impulsos Contados}} \cdot 100 \% \quad \text{Ecuación (3)}$$

Sin embargo, para el cálculo de dicho error es necesario tomar en cuenta el tipo de contador a verificar (monofásico o polifásico) y el ensayo a realizarse.

Según el tipo de contador a verificar, los contadores se verifican por número de elementos (fases a verificar). Al incrementar el número de elementos, aumenta proporcionalmente la velocidad de giro del disco, lo que ocasiona una disminución inversamente proporcional de los “Impulsos Contados”. Por lo tanto, para que el cálculo del error sea el adecuado, deben reflejarse estos cambios de igual manera en los “Impulsos” teóricos, dividiendo estos entre el número de “Elementos”.

Por otra parte al realizar el ensayo de pequeña carga la corriente se disminuye al 10%, reduciendo también la potencia y en consecuencia la velocidad del disco al 10% también, esto ocasiona que los “Impulsos Contados” sean 10 veces mayores, por lo tanto, para obtener nuevamente el “Error” calculado adecuado, ahora debe multiplicarse los “Impulsos Contados” por el porcentaje de la corriente según el ensayo que se esté aplicando. De tal manera que la expresión finalmente cambia a:

$$\%Error = \frac{\frac{\text{Impulsos}}{\text{Elementos}} - \text{ImpulsosContados} \cdot (\%Inc)}{\text{ImpulsosContados} \cdot (\%Inc)} \cdot 100 \%$$

Ecuación (4)

Otro dato importante que se requiere, es el tiempo en que el disco de un contador debe dar una revolución completa dependiendo de sus especificaciones.

Sabiendo que el parametro Impulsos esta dado en  $\left[ \frac{\text{impulsos}}{\text{rev}} \right]$  (impulsos del patron sobre revoluciones del contador), si se obtiene el tiempo de cada impulso de patron se puede determinar directamente el tiempo que dura cada revolución.

#### 4.2.5. Tiempo de revolución

Este tiempo es el que tarda el disco en dar una revolución completa idealmente. Cabe destacar, que este dato no es indispensable para el cálculo del error, sin embargo se incluye en el presente diseño, ya que el calculador de error que se emplea actualmente también lo muestra, de tal manera que el operador pueda ver en que tiempo idealmente debe tardar cada revolución del disco, si así lo desea.

El tiempo que dura cada impulso de patron se determina con las especificaciones propias del mismo, tomando en cuenta que el factor de potencia de este dispositivo es unitario, se tiene que:

$$C_{tpe} = 4.10^6 \frac{\text{impulsos}}{\text{kWh}}$$

$$I_{np} = 5 \text{ A.}$$

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

$$\text{Frecuencia impulsos del patrón} = 4.10^6 \frac{\text{impulsos}}{\text{kWh}} \cdot 5A \cdot 120V \cdot \frac{k}{1000} \cdot \frac{h}{3600s}$$

$$\text{Frecuencia impulsos del patrón} = 666,6667 \frac{\text{impulsos}}{s} \quad \text{Ecuación (5)}$$

El inverso de esta frecuencia de impulsos del patrón, nos da el tiempo que dura cada impulso:

$$\text{Tiempo de impulsos} = 0,0015 \frac{s}{\text{impulsos}} \quad \text{Ecuación (6)}$$

Para obtener el tiempo que dura una revolución, se multiplica el “Tiempo de Impulsos” calculado por el parámetro “Impulso”, tal que:

$$\text{Tiempo revolución} = \text{Tiempo de impulsos} \left[ \frac{s}{\text{impulsos}} \right] \cdot \text{Impulsos} \left[ \frac{\text{impulsos}}{\text{rev}} \right] \quad \text{Ecuación (7)}$$

Reemplazando las expresiones (2) y (6) en la expresión (7), se tiene:

$$\text{Tiempo de revolución} = 0,0015 \frac{s}{\text{impulsos}} \cdot \frac{2,4 \cdot 10^9}{\text{Cttec.Inc.Vnc}} \frac{\text{impulsos}}{\text{rev}}$$

$$\text{Tiempo de revolución} = \frac{3,6 \cdot 10^9}{\text{Cttec.Inc.Vnc}} \left[ \frac{s}{\text{rev}} \right] \quad \text{Ecuación (8)}$$

Teniendo como resultado el tiempo ideal o teorico que debe durar cada revolución del disco del contador, dependiendo unicamente de las especificaciones del contador a verificar.

### **4.3. DISEÑO DE CALCULADOR DE ERROR**

Luego de estudiar las especificaciones y conocer en detalle los principios de funcionamiento de un calculador de error, se inicia la elaboración del diseño de un dispositivo calculador de error que verifique hasta ocho contadores de energía eléctrica de manera simultánea en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr.

Para realizar el diseño, se seleccionan primero los diferentes componentes que se requieren para crear el sistema del calculador de error.

Según el principio de funcionamiento del calculador de error ya estudiado, se desarrolla una primera etapa encargada de: recibir como entradas la señal proveniente del patrón y la señal de salida de la fotocélula; que cuente el número de impulsos que emite el patrón entre dos señales de fotocélulas recibidas; y que el valor contado sea su salida.

El número de impulsos contados se envía a una segunda etapa. Esta segunda etapa es la encargada de realizar el cálculo del error relativo porcentual de la ecuación (4), para ello se necesita conocer el valor de los Impulsos teóricos en función de las especificaciones del patrón y del contador según la ecuación (1). A partir de dichas especificaciones esta etapa realiza también el cálculo del tiempo teórico de cada revolución según la ecuación (8).

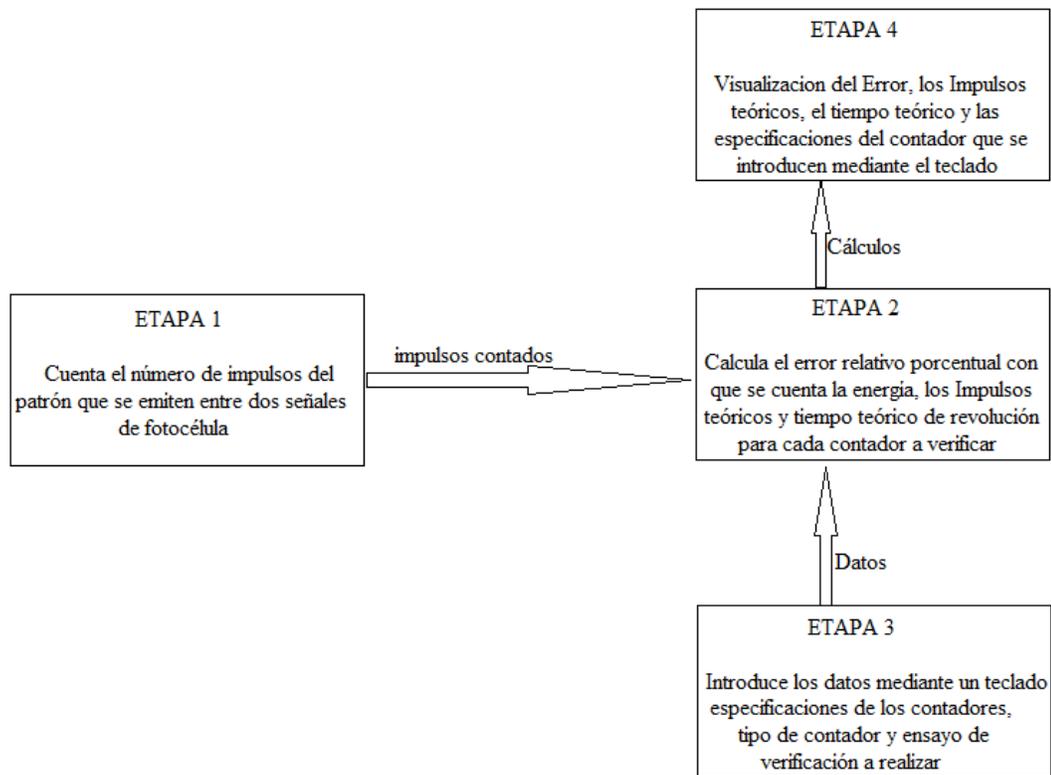
Para introducir al sistema los valores de las especificaciones mencionadas se requiere de un teclado, el cual forma parte de una tercera parte encargada de introducir datos a la etapa anterior.

Adicionalmente el sistema debe reconocer, que tipo de contador se va a verificar (monofásico o polifásico), y cual es el ensayo de verificación que se le

aplicará al contador. Estos datos también serán introducidos a través de la tercera etapa.

Una vez realizado el cálculo del error relativo porcentual en la etapa dos, el valor obtenido se lleva a una cuarta etapa donde pueda ser visualizado por el usuario. En esta etapa también podrán ser vistos todos los datos que se introduzcan mediante la etapa tres, el valor obtenido del cálculo de los Impulsos teóricos y el tiempo teórico calculado.

Para el mejor entendimiento del funcionamiento del sistema, se presenta en la figura 11 un esquema que engloba las etapas antes explicadas.



**Figura 11. Esquema del funcionamiento del calculador de error diseñado.**

#### 4.4. SELECCIÓN DE COMPONENTES

La selección de los componentes electrónicos que se emplean en el diseño, fue basada principalmente en la disponibilidad, economía, fácil adquisición y operatividad, lo cual aumenta la factibilidad del proyecto.

Para desarrollar la primera etapa se decide emplear un PIC 12F629, ya que mediante un previo estudio se observó que este microcontrolador puede ser programado para realizar las operaciones requeridas y cuenta con los pines necesarios para satisfacer el número de entradas y salidas requeridas para su función. Como el diseño contempla la posibilidad de verificar hasta ocho contadores simultáneamente es necesario emplear ocho PICs 12F629. En los anexos (ver anexo N°1) se muestra la hoja de datos de este PIC.



**Figura 12. Microcontrolador PIC 12f629.**

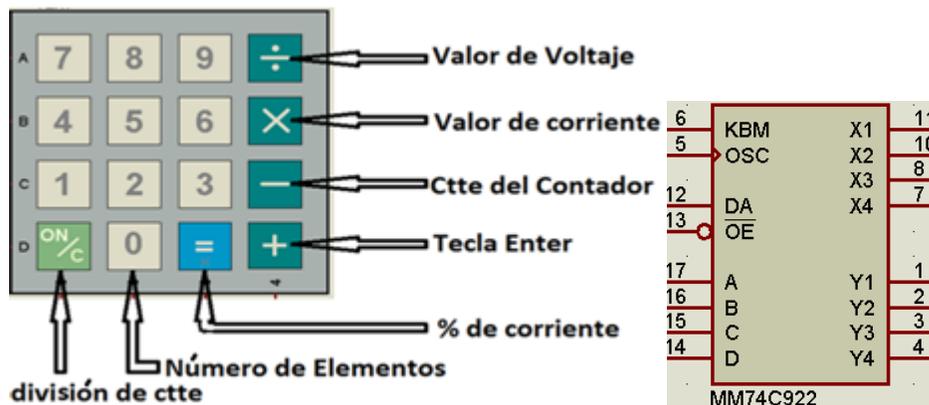
Para la segunda etapa, se selecciona el PIC 16F877A, ya que este es un microcontrolador comercial de fácil adquisición y compatible con diferentes lenguajes de programación. Este PIC cuenta con cuarenta pines los cuales son suficientes para: su alimentación, recibir como entrada los pulsos contados de los ocho PIC 12F629, las entradas de adquisición de datos proveniente del teclado de la etapa 3, y tener como salida los valores calculados para ser enviados a la pantalla de la etapa 4. En los anexos (ver anexo N°2) se muestra la hoja de datos de este PIC.

13	OSC1/CLKIN	RB0/INT	33
14	OSC2/CLKOUT	RB1	34
		RB2	35
2	RA0/AN0	RB3/PGM	36
3	RA1/AN1	RB4	37
4	RA2/AN2/VREF-/CVREF	RB5	38
5	RA3/AN3/VREF+	RB6/PGC	39
6	RA4/T0CKI/C1OUT	RB7/PGD	40
7	RA5/AN4/SS/C2OUT		
		RC0/T1OSO/T1CKI	15
8	RE0/AN5/RD	RC1/T1OSI/CCP2	16
9	RE1/AN6/WR	RC2/CCP1	17
10	RE2/AN7/CS	RC3/SCK/SCL	18
		RC4/SDI/SDA	23
1	MCLR/Vpp/THV	RC5/SDO	24
		RC6/TX/CK	25
		RC7/RX/DT	26
		RD0/PSP0	19
		RD1/PSP1	20
		RD2/PSP2	21
		RD3/PSP3	22
		RD4/PSP4	27
		RD5/PSP5	28
		RD6/PSP6	29
		RD7/PSP7	30

PIC16F877A

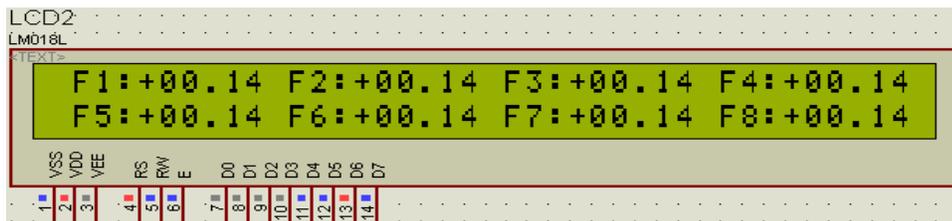
**Figura 13. Microcontrolador PIC 16f877A.**

En la tercera etapa, se escoge un teclado 4\*4, el cual posee 16 teclas que son suficientes para la introducción de los valores numéricos y la identificación de cada dato por separado. El teclado tiene ocho pines los cuales van a un PIC MM74C922 el cual se encarga de recibir las pulsaciones del teclado y las traduce en datos alfanuméricos, registrando diez valores numéricos (0,1,2,3,4,5,6,7,8,9) y seis valores de datos para diferenciar cada especificación que se desee introducir o modificar, para luego llevar esa información al microcontrolador principal PIC 16F877A. En los anexos (ver anexo N°3) se muestra la hoja de datos del PIC MM74C922.



**Figura 14. Teclado y Microcontrolador PIC MM74C922.**

Para la cuarta etapa, correspondiente a la visualización de los cálculos, se emplea una pantalla LCD2 LM018M, la cual es una pantalla líquida de 2 líneas y 40 caracteres por línea. Cada carácter puede ser un número, un signo, una letra mayúscula o una letra minúscula. En dicha pantalla se presenta el error arrojado simultáneamente para hasta ocho contadores por separado, y las especificaciones del contador a modificar. Más adelante se explica con mayor detalle su funcionamiento.



**Figura 15. Pantalla LCD2 LM018L.**

Los diversos componentes adicionales que deben conectarse a los microcontroladores o PICs empleados en el diseño, se presentaran en las hojas de datos de cada uno (ver anexo N°4).

## **4.5. PROGRAMACIÓN**

### **Programa**

En esta fase del proyecto se describe el desarrollo de la programación empleada (tipo de programación, software utilizado y rutinas implementadas) para el diseño del calculador de error que permita la verificación de hasta ocho contadores simultáneamente en las mesas de verificación Vatimétricas Landis&Gyr.

Para desarrollar el diseño se emplea una programación del tipo lenguaje C, el cual es un lenguaje de medio nivel. Se decide implementar este tipo de programación debido a que, los lenguajes de medio nivel están orientados a procedimientos

compuestos de procesos, permitiendo el uso de funciones a nivel aritmético, partiendo del uso de instrucciones disponibles en el software, que particularmente para el diseño del calculador de error es lo que se necesita. En la gama de los lenguajes de medio nivel, se selecciona el lenguaje C, ya que el mismo es uno de los más empleados universalmente y en particular maneja el investigador.

El software empleado es el PCW CCS Compiler, el cual es un compilador en lenguaje C especial para programar microcontroladores del tipo PIC. Se elige este software principalmente por su versatilidad. Éste compila los códigos de manera más compacta que otros compiladores, lo cual lo hace más eficiente. Por otra parte, posee una biblioteca muy completa de funciones para el acceso al hardware de los dispositivos incluyendo drivers para componentes externos tales como teclados alfanuméricos, pantallas LCD, memorias, conversores A/D (analógicos/digitales), etc.

### **Rutinas**

Empleando dicho software se realiza la programación, en primera instancia de los PICs 12F629. La rutina empleada en esta etapa se muestra en los anexos (ver anexo N°11). Allí puede observarse que dicha rutina consta básicamente de tres variables. La primera de ellas es utilizada para dar el inicio al conteo de los impulsos emitidos por el patrón cuando se recibe una señal de la fotocélula, y cuando se reciba la siguiente señal de fotocélula esta misma variable se encarga de parar el conteo. La segunda variable le indica al PIC principal 16F877A que ya puede recibir el dato correspondiente al número de impulsos contados, los cuales son registrados previamente en la tercera variable y son enviados por vía rs232 (vía serial) al 16F877A. Esta rutina se repite para los ocho PIC 12F629, que cuentan los impulsos emitidos por el patrón de manera independiente, para cada uno de los contadores a verificar.

La programación del PIC principal 16F877A, presenta una rutina mucho mas larga (ver anexo N°12), ya que en este microcontrolador se realizan todas las operaciones aritméticas que hacen posible el diseño del calculador de error.

En principio se muestran las entradas que llegan del PIC 12F629 por vía serial rs232 a ocho pines, específicamente A0, A1, A2, A3, A4, A5, E1 y E2. Luego se presentan las variables del contador donde se registran las especificaciones del contador a verificar, a las cuales se les asigna un valor por defecto, tal como se muestra (voltaje=120, amper=10, porce=100, divide=1, elementos=1, ctte=1125), para que el sistema pueda inicializar. Estas últimas variables se modifican a través de la introducción de valores por medio del teclado.

Para reconocer los valores que se introducen por medio del teclado, se define la variable “tecla” que registra el valor de la tecla oprimida. Una función “press” clasifica la tecla presionada en número o carácter y le asigna su valor a utilizar, tal como se muestra. Si se oprime una letra, es porque se va introducir un dato en una de las variables del contador, si se presionan números serán los valores del dato que se registrarán en dicha variable.

Luego de que cada dato tenga su valor asignado, estos son operados aritméticamente en una función llamada “imp” donde se calcula los Impulsos teóricos. En “imp” queda registrado ese valor de Impulsos teóricos, mientras que en una variable llamada “n-pulsos” se guarda el valor instantáneo de los impulsos contados que se reciben del 12F629. Con estos últimos dos datos es posible calcular el error relativo porcentual, realizando la operación aritmética de la ecuación (4). Dicho valor se calcula y se guarda en la variable “Error”, tal como se muestra en la rutina.

Para la visualización de las especificaciones y del valor de los cálculos arrojados, primero se define una función “lcd\_print” a la cual se le asigna la posición de la pantalla en que se quiere ver algún dato en específico, estos datos son variables

que pueden ser modificados en el tiempo. Otra función empleada es “printf”, que permite colocar caracteres fijos en la pantalla. Por ejemplo, cuando en la pantalla se muestre F1: +00.01, se tendrá que “F1” es un caracter fijo, mientras que “+00,01” es variable en el tiempo. Mediante el empleo de estas dos funciones tal como se muestra en la rutina, es posible mostrar los valores de los errores calculados para cada una de los ocho contadores independientemente. Por defecto, en la pantalla siempre se muestra inicialmente los valores de los errores calculados.

Al presionar cualquier tecla, actúa la función “tecla especial”, la cual verifica si fue oprimida una tecla numérica o una tecla de dato. Si la tecla presionada fue un número, la pantalla no cambiará, seguirá mostrando los valores de los errores calculados. Si se presionó una tecla de dato, se verifica qué dato fue solicitado por medio de la función “press”, se limpia la pantalla, e instantáneamente se muestra en la primera línea el caracter fijo del dato a modificar, seguido de los números variables según el valor que se le asigne mediante el teclado. Por ejemplo, si se presiona la tecla “V” correspondiente a voltaje, aparecerá en la primera línea de la pantalla VOLTAJE=120V, donde “VOLTAJE=” es caracter fijo y “120” es variable.

Para guardar el valor del dato que se introdujo, debe presionarse la tecla enter. Una vez presionada dicha tecla, permanecerá la primera línea igual y aparecerá en la segunda línea el valor calculado de Impulsos teóricos y el tiempo teórico, que se obtienen según los datos registrados. Para volver a mostrar los valores de los errores calculados, solo debe presionarse la tecla enter una vez más, de esta manera se limpiará la pantalla e instantáneamente se mostrará de nuevo la pantalla inicial.

El funcionamiento de este programa, diseñado para desarrollar el calculador de error, se logra entender de una mejor manera, mediante las simulaciones realizadas posteriormente.

## 4.5. SIMULACIÓN

Durante el desarrollo de la programación, fue necesario emplear un software de simulación que permitiera verificar, si es correcto o no, el funcionamiento esperado de las rutinas con que se programaron los PICs. De esa manera, poder seguir avanzando en la programación hasta obtener el producto final deseado.

Particularmente, emplea el simulador de circuitos electrónicos PROTEUS 7.1 SP4 ISIS ARES, ya que dicho simulador es completamente compatible con el compilador PCW CCS compiler, a demás de ser utilizado en cursos previos vistos durante la carrera. Este software, cuenta con una amplia librería dotada de todos los componentes que se requieren para el presente diseño.

El simulador permite dibujar el circuito electrónico, tomando los componentes necesarios de la librería e interconectándolos según lo que se quiera diseñar. Una vez realizadas las conexiones del circuito, puede correr su funcionamiento oprimiendo la tecla “play” y detenerlo pulsando “stop”.

Una de las ventajas mas relevantes de emplear PROTEUS 7.1 SP4 ISIS ARES es, que al realizar modificaciones en el compilador PCW CCS compiler, el simulador se actualiza automáticamente. Aunque, si se realiza la modificación mientras el PROTEUS este corriendo, dicha modificación se mostrará al pulsar stop y luego “play” nuevamente.

En el simulador se dibuja el circuito electrónico que engloba las distintas etapas del sistema, mostrando las interconexiones de los PICs, la pantalla LCD y el teclado empleado. Cabe destacar, que los microcontroladores dibujados solo muestran los pines que fueron utilizados. Estos chips normalmente tienen algunos pines adicionales para controlar su habilitación, set, reset, etc. Los cuales, el simulador no presenta en el dibujo ya que no son indispensables para el funcionamiento del diseño.

En la figura 16 se presenta el circuito electrónico dibujado en el simulador, mostrando las conexiones entre los distintos microcontroladores, la pantalla LCD y el teclado empleado, que permiten simular el funcionamiento real del calculador de error diseñado.

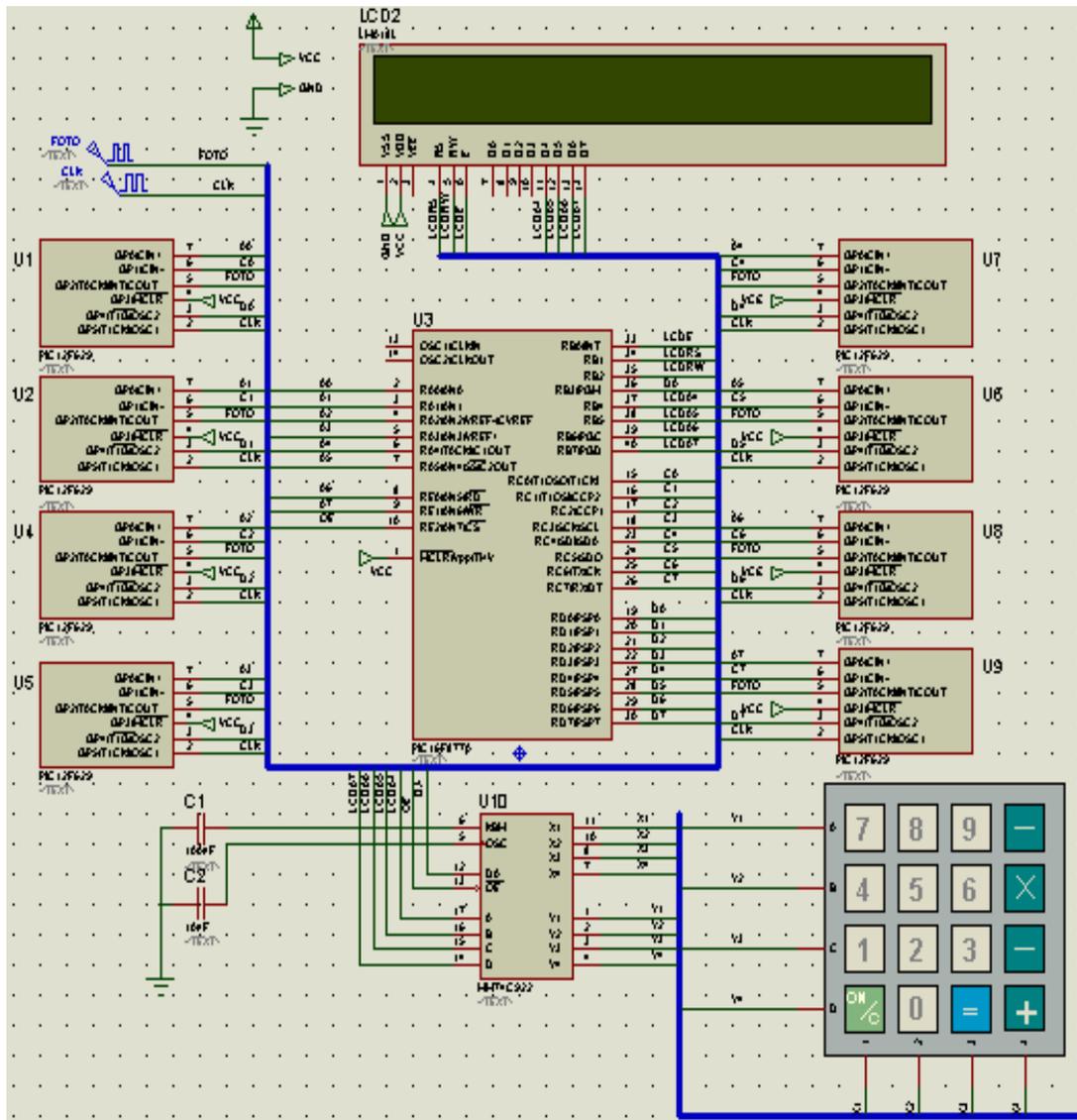


Figura 16. Circuito electrónico del calculador de error diseñado.

#### 4.7. ANALISIS DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

La simulación del comportamiento real del diseño, funciona de la siguiente manera:

Al oprimir “play” en el simulador, comienza a correr el programa, enseguida la pantalla se enciende, mostrando lo que aparece en la figura 17. Por lo tanto, el comportamiento obtenido al oprimir “play” en el simulador, es el que se obtendría al energizar el sistema en la realidad.



**Figura 17. Inicialización del sistema.**

Al inicializar el sistema, se simula el envío de la señal de salida de la fotocélula mediante un tren de pulsos de frecuencia constante. Al enviar el primer pulso el sistema comienza a contar los impulsos del patrón (también simulados por un tren de pulsos a una mayor frecuencia), y deja de contar al recibir el siguiente impulso de fotocélula, momento en el cual hace automáticamente el cálculo del error para cada fotocélula independiente, y presenta en la pantalla su respectivo valor. Para realizar el cálculo, se les introdujo en la programación, los siguientes valores iniciales para las especificaciones requeridas:

**Tabla 5. Especificaciones de inicialización.**

Tensión	Corriente	Constante	Tipo	Porcentaje	División
120V	10A	1000 rev/kWh	Monofásico	100%	1

Suponiendo que el contador que va a verificarse tiene las especificaciones de placa mostradas en la tabla 6.

**Tabla 6. Especificaciones de placa del contador a verificar.**

Tensión	Corriente	Constante	Tipo	Clase
120V	15A	833,3 rev/kWh	Monofásico	2

El tiempo que debería tardar dicho contador en dar una revolución según la ecuación (8), es de 3.2s. Este tiempo es colocado como periodo del tren de pulsos para la simulación de las señales de fotocélula.

Luego de transcurrir este tiempo la pantalla mostrará el error calculado con los datos de inicialización comparados con los impulsos de patrón contados.

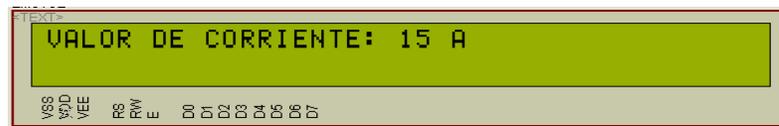
El valor arrojado se presenta en la figura 18. Dicho valor puede ser comprobado por el lector analíticamente utilizando las ecuaciones mencionadas anteriormente.



**Figura 18. Error calculado para los valores iniciales y el tiempo empleado.**

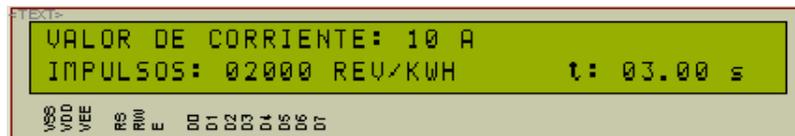
La pantalla continúa mostrando el valor del error calculado hasta que se presione una tecla de dato, si se presiona un numero no hace nada. Cabe recordar, que cada dos impulsos de fotocélula se actualizan los cálculos de los errores mostrados.

Para el contador a verificar se tiene que la tensión es la misma que la tensión inicial, por lo tanto no se modifica ese dato. A diferencia, corriente es distinta, por lo tanto se modifica pulsando la tecla “x” (tecla que corresponde a “valor de corriente”), lo cual cambia la pantalla, mostrando lo que se presenta en la figura 19.



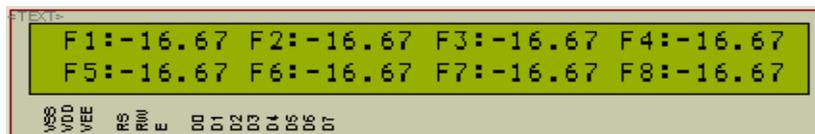
**Figura 19. Valor de corriente inicial.**

Usando las teclas numéricas se modifica dicho valor y se presiona “+” (tecla que corresponde a “enter”, ver figura 14). La pantalla ahora muestra el nuevo valor de corriente en la primera línea, seguido del valor de Impulsos calculado y tiempo calculado para esas condiciones, ver figura 20.



**Figura 20. Valor de corriente modificado, impulsos y tiempo calculados.**

Para salir de esta pantalla, solo se presiona nuevamente la tecla “+” (tecla que corresponde a “enter”) y se presentará el error calculado con la nueva corriente. Ver figura 21.



**Figura 21. Error calculado con la nueva corriente.**

Ahora se presiona “-” (tecla correspondiente a “valor de constante”), para introducir el valor de la constante del contador a verificar. Ver figura 22.



**Figura 22. Constante inicial.**

Con el teclado numérico se modifica este valor. En el caso particular de que se tenga que introducir un número decimal, debe colocarse el número sin la coma y luego cambiar la variable “Divide”. Por ejemplo, para el caso de este contador que su constante es 833,3 rev/kWh, se introduce en “constante del contador” el valor “8333” ver figura 23, luego en la variable “Divide” se coloca “10”, ver figura 24. De esta manera el sistema utilizará para el cálculo del error el valor “833,3 rev/kWh”. Para introducir dichos valores se hace del mismo modo en que se modificó la corriente.



**Figura 23. Constante modificada con el número decimal sin la coma.**



**Figura 24. División de constante modificada de 1 a 10.**

En el caso de querer introducir un número entero en “Contante del Contador”, sólo coloca valor numérico y se deja la variable “Divide” igual a 1. Como se puede observar, al cambiar cada dato, los valores de Impulsos y del tiempo también se modifican, ya que los mismos están en función de las variables que se introducen.

Para esta verificación se trabaja con el ensayo de carga nominal, donde la corriente es el 100% de la corriente nominal, por lo tanto la variable “porcentaje” no se modifica.

Luego de tener en el sistema todos los datos del contador a verificar, el cálculo del error arroja el valor presentado en la figura 25.



**Figura 25. Error calculado para el contador a verificar.**

Se observa que el error calculado en este caso es cero, lo cual demuestra que el sistema funciona correctamente, ya que para un tiempo de 3,6s que fue el periodo que se le dio a la señal de fotocélula ( tiempo que el contador da una revolución completa) el número de impulsos de patrón contados es igual al teórico. De igual manera, todos los resultados obtenidos pueden ser comprobados mediante las expresiones que se mostraron anteriormente.

Para analizar la desviación del error calculado por el sistema en general, se estudia en primer lugar la desviación que presenta el cálculo de los Impulsos teóricos, para la ecuación 1, se tiene:

$$\Delta \text{ Impulsos} = \left| \frac{d\left(\frac{Cttep.Inp.Vnp}{Cttec.Inc.Vnc}\right)}{dCttec} \right| \Delta Cttec + \left| \frac{d\left(\frac{Cttep.Inp.Vnp}{Cttec.Inc.Vnc}\right)}{dCttep} \right| \Delta Cttep$$

Ecuación (9)

Las especificaciones del contador dependerán de los datos de placa del correspondiente contador bajo ensayo, mientras que las especificaciones del patrón siempre serán las mismas;  $Inp=5A$ ,  $Vnp=120V$ ,  $Cttep=4 \times 10^6 \text{ imp/kWh}$ . Con esta información la desviación de Impulsos estará solamente en función de las especificaciones del contador a verificar:

$$\Delta \text{ Impulsos} = \left| \frac{2,4 \times 10^9 \frac{\text{Impulsos}}{\text{kh}}}{\text{Inc.Vnc.Cttec}^2} \right| \Delta Cttec + \left| \frac{600W}{Cttec.Inc.Vnc} \right| \Delta Cttep$$

Ecuación (10)

Luego se obtiene la desviación del error calculado, para la ecuación 4:

$$\Delta \text{ Error} = \left| \frac{d \left( \frac{\frac{\text{Impulsos}}{\text{Elementos}} - \text{ImpulsosContados} \cdot (\% \text{Inc})}{\text{ImpulsosContados}} \right)}{d \text{Impulsos}} \right| \Delta \text{ Impulsos} +$$

$$\left| \frac{d \left( \frac{\frac{\text{Impulsos}}{\text{Elementos}} - \text{ImpulsosContados} \cdot (\% \text{Inc})}{\text{ImpulsosContados} \cdot (\% \text{Inc})} \right)}{d \text{ImpulsosContados}} \right| \Delta \text{ ImpulsosContados}$$

Ecuación (11)

$$\Delta \text{ Error} = \frac{1}{\frac{\text{ImpulsosContados}}{\text{Elementos}}} \Delta \text{ Impulsos} +$$

$$\frac{\frac{\text{Impulsos}}{\text{Elementos}}}{(\text{ImpulsosContados} \cdot (\% \text{Inc}))^2} \Delta \text{ ImpulsosContados}$$

Ecuación (12)

Para tener una idea del orden de magnitud que da esta desviación, se estudia el caso del mismo contador cuyas especificaciones se dan en la tabla 6. Como es un contador clase 2, el mayor valor del error que permite es de  $\pm 2,0\%$ , asumiendo este valor de error, se despeja de la ecuación (4) los impulsos contados, lo cual arroja un valor de 2449. Como  $\Delta C_{\text{tec}} = \pm 2,0\%$ , y sabiendo que el patrón tiene una desviación de  $0,05\%$ , se obtiene de la ecuación (10)  $\Delta \text{Impulsos} = \pm 0,097\%$ . Luego con estos valores se obtiene de la ecuación (12)  $\Delta \text{Error} = \pm 0,004\%$ . Por lo tanto, el error que se muestra en el la pantalla del calculador de error diseñado y su desviación, en este caso sería:  $\% \text{Error} = (2,000 \pm 0,004) \%$ .

Dicho resultado demuestra que el sistema, aun presentando esta pequeña desviación, sigue manteniendo el error calculado dentro de los rangos permitidos.

#### 4.8. DISEÑO DE SISTEMA DE CONTROL PARA LA CINTA TRANSPORTADORA

En el taller de medidores de la EDC, se cuenta con dos cintas transportadoras. La primera dispone de una correa de 63m de largo y 25cm de ancho, 13 rodillos y un motor trifásico jaula de ardilla. La segunda dispone de una correa de 43m de largo y 25 cm de ancho, 10 rodillos y un motor trifásico jaula de ardilla.

Para ambas cintas transportadoras, los datos de placa del motor son los que se presentan a continuación:

**Tabla 7. Datos de placa del motor.**

Motor SIEMENS 3 fases	
Tensiones:	220/240V $\Delta$ Y
Corrientes:	3,0/1,88 A
IP :	44
Cos $\phi$ :	0,84/0,77
Potencia:	0,75/0,86kW 1/1,17hp
Velocidad nom:	1675/1700 r.p.m.
Letra código:	B

Actualmente, estas cintas transportadoras son accionadas de forma directa a través de un contactor solamente. Debido a que los accionamientos de forma directa presentan altas corrientes de arranque, se realiza el estudio de las fluctuaciones de tensión que ocurre en ese momento, para evaluar si dicha fluctuación puede afectar o no en el proceso.

Los datos de los conductores del circuito ramal y del transformador de alimentación son:

Conductores desde el tablero al motor: #10AWG, longitud: 53m.

Conductores desde el transformador al tablero: #250MCM, longitud: 65m.

Según Código Eléctrico Nacional, capítulo 9, tabla #9 (Ver anexo N° 5) los valores de reactancia y resistencias para estos conductores son los siguientes:

**Tabla 8. Resistencias y reactancias de los conductores.**

Calibre	Reactancia del Conductor	Resistencia del Conductor
#10AWG	$X_{lm}=0,164 \text{ Ohm/km}$	$R_{lm}=3,9 \text{ Ohm/km}$
#250MCM	$X_{lt}=0,135 \text{ Ohm/km}$	$R_{lt}=0,171 \text{ Ohm/km}$

Los datos del transformador de alimentación son:

**Tabla 9. Datos del transformador**

Impedancia:	3,4%
Potencia:	250kVA
Temperatura:	65°C
Tensiones:	4800*7200/12470 a 120/240 V
Frecuencia:	60 Hz

Se selecciona la base de estudio para escalar todos los valores en por unidad sobre una base única. Para ello se toma la tensión de alimentación del motor y los kVA de arranque del motor a la tensión base:

$$hp_{nom} = 1$$

$$U_{s\_Tx1} = 208V$$

$$U_{p\_Tx1} = 12470V$$

$$U_{base208} = U_{s\_Tx1} = 208V$$

$$U_{Inom} = 220V$$

Según el Código Eléctrico Nacional en la tabla 430.7 (B) (Ver anexo N° 6) el valor de los kVA por hp al arranque es el siguiente:

Letra Código (B): 3,15 – 3,55 kVA/hp

De este rango se tomará el mayor valor para asumir el peor caso  
code\_letter(B)= 3,55kVA/hp

$$S_{arrq220} = \text{code\_letter} * \text{hp\_nom} * \text{kVA} = 3,55 \text{ kVA}$$

$$S_{base} = S_{arrq208} * (U_{base208} / U_{1nom})^2 = 3173,2892 \text{ VA}$$

$$Z_{base208} = (U_{base208})^2 / S_{base} = 13,6338 \text{ Ohm}$$

$$Z_{base12470} = (U_{base12470})^2 / S_{base} = 49003,0651 \text{ Ohm}$$

Impedancia del motor:

$f_{parrq} \approx 0,6$  tomado de la figura 9.1 del libro *Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrica* del Profesor Alberto Naranjo (Ver anexo N° 7).

$$Z_m = (U_{1nom}^2 / S_{arrq220}) / Z_{base208} = 1 \text{ pu}$$

$$R_m = Z_m * f_{parrq} = 0,6 \text{ pu}$$

$$X_m = Z_m * \text{Sen}(\text{ArcCos}(f_{parrq})) = j0,8 \text{ pu}$$

Impedancia de los conductores:

#10AWG	$X_{lm} = j0,164 \text{ Ohm/km} * 0,053 \text{ km} / Z_{base208} = j0,00063 \text{ pu}$
	$R_{lm} = 3,9 \text{ Ohm/km} * 0,053 \text{ km} / Z_{base208} = 0,01516 \text{ pu}$

#250MCM	$X_{lt} = j0,135 \text{ Ohm/km} * 0,065 \text{ km} / Z_{base208} = j0,00064 \text{ pu}$
	$R_{lt} = 0,171 \text{ Ohm/km} * 0,065 \text{ km} / Z_{base208} = 0,00083 \text{ pu}$

Impedancia del transformador:

$$Z_{tx1} = 3,4 \%$$

$$U_{s\_Tx1} = 208V$$

$$S_{tx1} = 250kVA$$

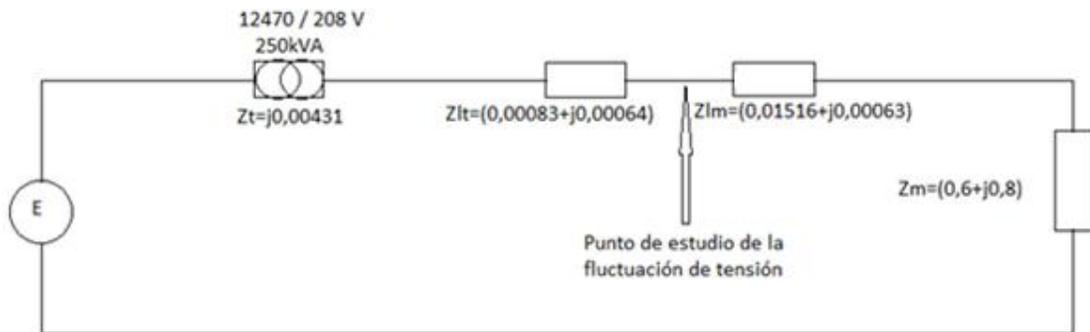
$$X_{tx1} = Z_{tx1} * (U_{s\_Tx1}^2 / S_{tx1}) / Z_{base208} = j0,00043 \text{ pu}$$

$$R_{tx1} = 0 \text{ pu}$$

Impedancia de suministro:

Como no se encontró una fuente que certificara el valor de la impedancia de cortocircuito  $S_{cc}$  del suministro, se asumirá el peor de los casos que es el de una barra infinita con impedancia igual a cero.

El circuito equivalente en por unidad de la tensión de alimentación se muestra en la figura 26.



**Figura 26. Circuito equivalente en por unidad.**

La caída de tensión para el punto de estudio especificado en la figura 4.14 es la siguiente:

$$U_c = \frac{|Z_m + Z_{lm}|}{|Z_m + Z_{lm} + Z_{lt} + Z_t + Z_{sis}|} \quad \text{Ecuación (12)}$$

$$U_c = \frac{\sqrt{(0,6+0,01516)^2 + (0,8+0,00063)^2}}{\sqrt{(0,6+0,01516+0,00083)^2 + (0,8+0,00063+0,00064+0,00043+0,00004)^2}}$$

$$U_c = 0,99865 \text{ pu}$$

Por lo tanto la fluctuación de tensión visto en el lado de baja del transformador es:

$$\Delta V = 100 * (1 - 0,99865)$$

$$\Delta V = 0,1348\%$$

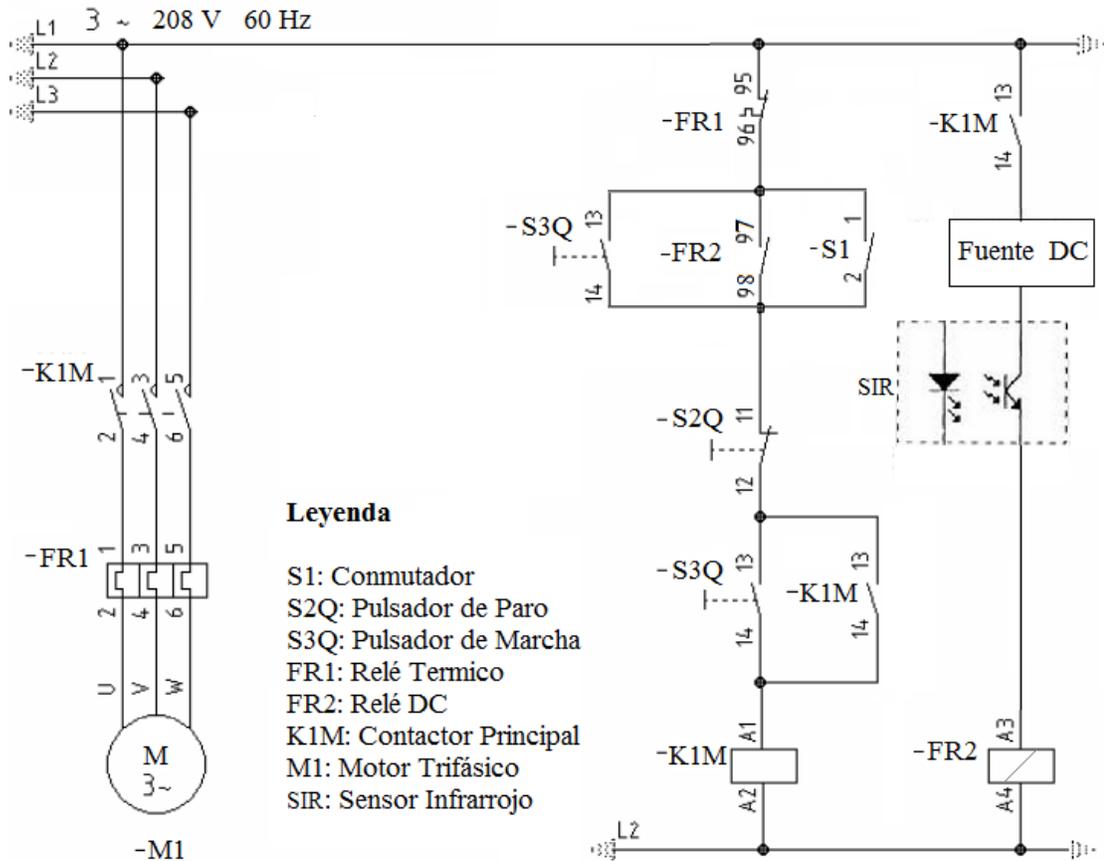
Con respecto a esta fluctuación obtenida, podría asumirse que es despreciable, ya que según la tabla 9.2 del libro *Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrica* Profesor Alberto Naranjo (Ver anexo N° 8), el peor de los caso permite fluctuaciones de hasta un 1% de la tensión de línea de alimentación.

En vista de que la fluctuación de tensión al arranque no afecta al proceso, el sistema de control de la cinta transportadora podrá ser accionado de forma directa sin ningún problema.

El arranque directo debe comprender de una protección contra cortocircuito, una protección térmica contra sobrecargas y un contactor para energizar el motor a través de un pulsador de marcha.

Actualmente, el sistema de cinta transportadora sólo está protegido con un interruptor de 30A, el cual solo resguarda al motor contra cortocircuitos y no contra sobrecargas ya que como se puede ver en la tabla 7, la corriente nominal del mismo es solo de 3A. En este sentido, se realiza el diseño empleando sólo un contactor para energizar el motor y un relé térmico para proteger contra sobrecargas. El sistema de

arranque a emplear se muestra en la figura 27, detallando a la izquierda el circuito de potencia y a la derecha el circuito de mando o control.



**Figura 27. Circuito de potencia y de control del arranque directo.**

Para accionar el sistema, se oprime el pulsador de marcha normalmente abierto S3Q, se energiza la bobina K1M y a su vez se enclava la alimentación de la misma, tal como se muestra en el circuito de control. Al cerrarse K1M se energiza el motor permitiendo su arranque de manera directa como se muestra en el diagrama de potencia.

Para el frenado se diseña un control automático, conformado por un sensor infrarrojo instalado al extremo de llegada de la cinta transportadora, el cual al detectar la presencia de un objeto, desenergiza la bobina del relé FR2, abriendo el circuito de

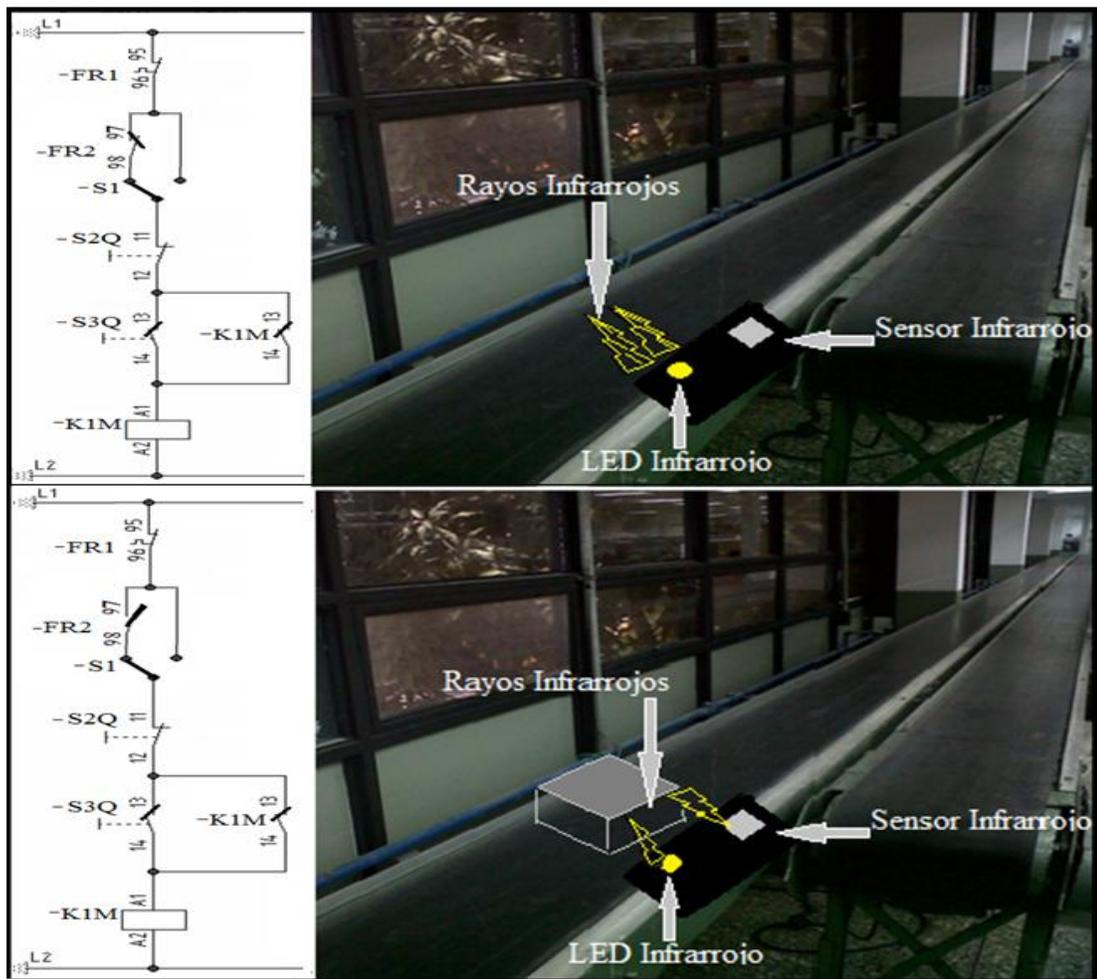
alimentación de la bobina del contactor K1M y en consecuencia apaga el motor. Este frenado automático sólo actuará cuando el conmutador S1 esté abierto. Si este último permanece cerrado, el frenado se puede hacer de forma manual oprimiendo el pulsador normalmente cerrado S2Q. Cabe destacar, que al seleccionar el frenado automático, puede utilizarse el S2Q como pulsador de parada de emergencia.

Para el funcionamiento del detector infrarrojo se emplea un sensor IS471F. Se seleccionó este dispositivo ya que el mismo es inmune a interferencias de luz normal (luz solar, luces de lámparas), solo actúa ante la presencia de luz infrarroja.

Básicamente, el principio de funcionamiento de este detector infrarrojo es por reflexión, para ello se emplea un diodo LED en paralelo al sensor. Dicho diodo emite una luz infrarroja que podrá ser recibida por el IS471F sólo cuando los rayos infrarrojos reboten contra algún objeto, como se muestra en la figura 28.

En ausencia de rayos infrarrojos, el sensor arroja a su salida una tensión DC en un rango comprendido entre 5V y 16V (dependiendo de la alimentación). Este nivel de tensión energiza al relé F2, de tal modo que si S1 está abierto permanece energizada la bobina K1M. Luego, si los rayos infrarrojos rebotan en un objeto y llegan al sensor, éste coloca un nivel bajo en su salida (entre 0V y 1,5V DC), lo cual desenergiza a la bobina del relé F2, en consecuencia se abre el circuito que alimenta a la bobina K1M y se apaga el motor.

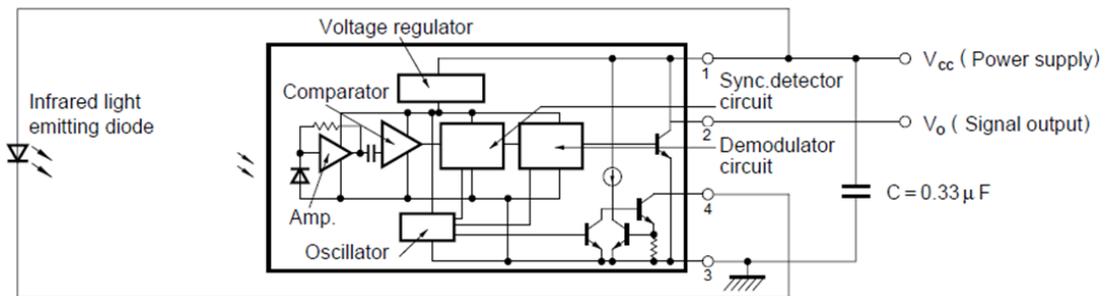
En la figura 28, se muestra a la derecha la dinámica del funcionamiento del detector infrarrojo diseñado, y a la izquierda el comportamiento del circuito de control según la presencia o no, de objetos frente al sensor.



**Figura 28. Funcionamiento del frenado automático.**

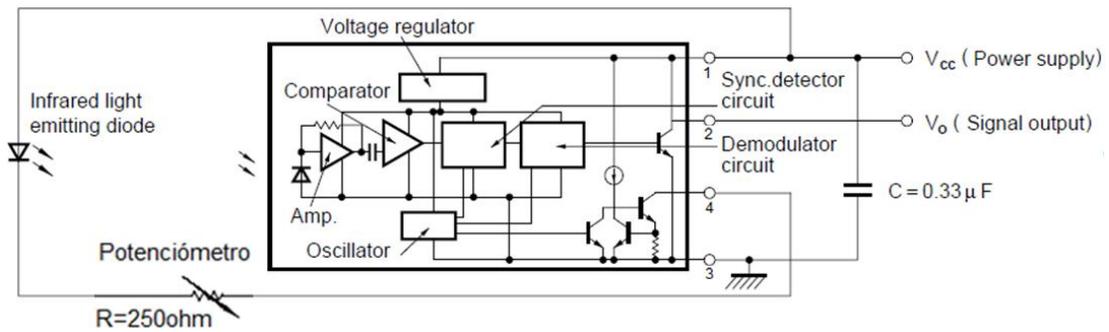
Como puede observarse en la hoja de datos del IS471F (ver anexo N° 9), este dispositivo posee cuatro pines, donde el primero y el tercer pin son de alimentación, el segundo pin es la salida DC y en el cuarto pin se conecta el LED emisor de infrarrojos para modular la señal emitida a una frecuencia que pueda reconocer el receptor infrarrojo que posee internamente el IS471F.

El circuito que se emplea para el funcionamiento de este encapsulado según la hoja de datos es el siguiente:



**Figura 29. Circuito de funcionamiento del sensor infrarrojo**

A este circuito se le coloca adicionalmente un potenciómetro en serie con el diodo infrarrojo, el cual permite regular la corriente que se le suministra y a su vez la intensidad de luz infrarroja que emite el LED. Mientras más bajo sea el valor óhmico al que se ajuste el potenciómetro, mayor corriente circulará y más intensa será la luz infrarroja, lo cual permitirá detectar objetos a una mayor distancia.



**Figura 30. Circuito con capacidad de variar la distancia de detección.**

Este circuito puede alimentarse mediante una fuente DC de 5V a 16V, cuya corriente nominal puede ser de un valor comercial de 250mA ó 270mA, que son uno de los valores más pequeños existentes en el mercado. Se dimensiona la fuente con estos valores debido a que la corriente máxima que consume el LED infrarrojo es de 100mA y el circuito integrado del IS471F disipa máximo 50mA según la hoja de dato correspondiente a cada dispositivo.

Para seleccionar los contactores que se emplean se siguen los criterios presentados en la norma Venezolana COVENIN 863:1976 “Contactores (Hasta 1000 Voltios Corriente Alterna)”, donde se encuentran cada una de las especificaciones requeridas, las cuales son:

### **Tipo de contactor**

- Numero de polos: mínimo 4 polos (las tres líneas de cada fase y el enclavamiento)
- Tipo de corriente: alterna trifásica a 60Hz
- Medio de ruptura: aire
- Tipo de control: electromecánico (también existen controles mecánicos, neumáticos y estáticos, se selecciona los electromecánicos ya que son versátiles, económicos respecto a los otros y adicionalmente fueron los que se manejaron durante el curso)

### **Magnitudes nominales**

- Tensión nominal:  
Tensión nominal de funcionamiento  $U_e$  (208V, que es la tensión de línea de alimentación, esta misma tensión se le aplicará a todos los contactores)  
Tensión nominal de aislamiento  $U_i$  (tensión nominal máxima, la tensión nominal de funcionamiento no deberá ser nunca mas alta que la tensión nominal de aislamiento)
- Corrientes nominales:  
Corriente nominal de funcionamiento  $I_e$  (3A, corriente nominal del motor a plena carga, dicha corriente circulará por el contactor K1M)  
Corriente máxima térmica  $I_t$  (en este caso es la corriente de arranque que circula por las líneas de alimentación del motor el arranque. La corriente de

arranque calculada es  $S_{\text{arrq}}/208= 17\text{A}$ , se tomará como valor comercial  $I_{\text{máx}} = 20\text{A}$ )

- Frecuencia nominal: 60Hz
- Servicio nominal (como los contactores se mantienen funcionando en régimen permanente se debe usar el tipo de servicio intermitente, el cual tiene diferentes clases de servicios según la frecuencia de las interrupciones)
- Clase de servicio: número de interrupciones por hora (como el motor trabaja con una cinta transportadora, se selecciona el servicio clase 3 que opera sin problemas hasta para 300 interrupciones por hora, lo cual es suficiente según encuesta realizada a los operarios de la cinta transportadora. Si no se encuentran contactores de esta clase pueden utilizarse clase 10 que permite hasta 1200 interrupciones por hora)
- Categoría de servicio: “Para motores jaula de ardilla se recomienda el uso exclusivo de la categoría AC-4 para cumplir con los requisitos del Código Eléctrico Nacional (Art. 430-82)”. [COVENIN 863:1976]

Para el presente diseño se recomienda el contactor comercial AC-4, 60Hz, 220V, 5A, 1.5hp y 360 interrupciones por hora. Dichos valores son tomados del catálogo presentado en el anexo N° 10.

El relé térmico para protección a sobrecargas puede ser clase 10, con tecla multifuncional programable automático, con rango de ajuste de 2.8A a 4A y montaje directo al contactor. Estos valores comerciales son tomados del catálogo presentado en el anexo N° 11.

## CONCLUSIONES

A partir de los estudios realizados a cada etapa del proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica, mediante análisis documental y observación directa, se lograron detectar diversas debilidades que atrasan y causan deficiencias en el proceso de recuperación de contadores de energía eléctrica de la EDC.

A cada una de las debilidades encontradas, se les realizó su correspondiente análisis incluyendo observaciones y propuestas. Sin embargo en el desarrollo del presente proyecto se profundizó con mayor énfasis dos propuestas importantes: el diseño de un sistema que permite verificar varios contadores simultáneamente en las mesas de calibración, y el diseño de un sistema que permite controlar el arranque y frenado de la cinta transportadora que lleva a los contadores de una etapa a otra. De esta manera, al implementar dichas propuestas y diseños, el proceso lograría aumentar su producción y llegaría a ser más eficiente.

El primer diseño se realizó empleando la programación de microcontroladores PICs para desarrollar un calculador de error, el cual es capaz de verificar que los contadores operen dentro del rango permitido por su clase. El sistema diseñado permite la verificación de hasta ocho contadores simultáneamente y puede ser empleado a dos mesas de calibración que actualmente operan verificando un solo contador a la vez. Por lo tanto al llevar a cabo este sistema se logra aumentar la producción a una proporción de ocho veces la producción actual de dichas mesas.

Por ultimo, el sistema de control de arranque y frenado para la cinta transportadora, aporta mejoras hacia el proceso productivo en esta etapa, ya que al contar con la automatización del frenado, les ahorra una tarea a los operarios de esa área, y gracias al respaldo que proporciona el pulsador de paro de emergencia, se

garantiza una parada del sistema ante posibles fallas. De tal manera que se evitan caídas de contadores y se asegura que el producto llegue de forma adecuada a su destino, lo que hace que el proceso en general sea mas eficiente.

## RECOMENDACIONES

- Se propone en primera instancia, que se tomen en cuenta las observaciones acotadas en el cuarto capítulo, referente a las oportunidades de mejora de los diferentes procesos.
- Para mejorar el control de calidad y la relación entre las diferentes áreas del proceso, se recomienda sacar el mayor provecho posible a la herramienta computacional con que cuenta la compañía, que es el SAP. Con dicho sistema, puede tenerse un registro y control de la cantidad de contadores que entran y salen en cada área, y de detectarse alguna falla en algún contador este pueda ser clasificado según la debilidad que presente.
- A nivel operativo, se recomienda que los operadores de las diferentes áreas reciban una preparación o charla informativa, donde se abarquen los temas relacionados al manejo correcto de los instrumentos y dispositivos a emplear, así como los procedimientos establecidos por norma para cada proceso. De esa manera se promueve la calidad del producto y la eficiencia de los procesos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CORPOELEC. Empresa Eléctrica Socialista <laedc.com.ve> [Consulta 2011]
  
- [2] Manual del Sistema de Control Integral. Código TDM-EGI-MSGI-001 [2010]
  
- [3] Eduardo Santamaria. *Electrónica Digital y Microprocesadores*. (Libro) Universidad Pontificia Comillas. Madrid: España: Biblio Industria Gráfica. S.L. 1993
  
- [4] Fernando E. Valdés Pérez. *Microcontroladores: Fundamentos y aplicaciones con PIC*. (Libro) España: Marcombo, S.A. 2007
  
- [5] Rosa Penélope Gutierrez Colomer. *Prácticas de Electrotecnia y electrificación rural*. (Libro). España: Universidad Politécnica de Valencia 2003
  
- [6] Jose Luis Molina Marticorena. *Instalaciones Domiciliarias*. (Libro). San Juan: Argentina: 2º Edición 2009
  
- [7] Normas UPEL. Sección primera <neutron.ing.ucv.ve/NormasUPEL2006.pdf> [Consulta 2011]
  
- [8] Normas UPEL. Sección segunda <neutron.ing.ucv.ve/NormasUPEL2006.pdf> [Consulta 2011]

## **BIBLIOGRAFÍA**

Alberto Naranjo. Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrico. 1era Edición. Caracas 2006.

Covenin 805:1990. “Contadores de Energía Eléctrica Activa de Inducción Monofásicos y Polifásicos, Clase 0.5, 1 y 2”. Comité CT11 Electricidad y Electrónica. Ministerio de Obras Públicas.

Covenin 863:1976. “Contactores (Hasta 1000 Voltios Corriente Alterna)”. Comité CT11 Electricidad y Electrónica. Ministerio de Obras Públicas.

Fondonorma 200:2004. Código Eléctrico Nacional. Comité de Electricidad Codelectra. (7ª Revisión) 2004.

Manual del proceso de pintura de contadores de energía eléctrica. Código TDM-PIN-P-001 [2009]

Manual del proceso de recepción de contadores de energía eléctrica. Código TDM-TDM-PR-001 [2009]

Manual del proceso de verificación de contadores de energía eléctrica. Código TDM-TDM-PR-003. [2009]

Manual del sistema de control integral. Código TDM-EGI-MSGI-001 [2009]

UPEL. Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales. Caracas; Reimpresión 2006.

# **ANEXOS**

# **ANEXOS**

## ANEXO N° 1

[Hoja de datos del PIC 12F629]



# PIC12F629/675

## 8-Pin FLASH-Based 8-Bit CMOS Microcontroller

### High Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn
  - All single cycle instructions except branches
- Operating speed:
  - DC - 20 MHz oscillator/clock input
  - DC - 200 ns instruction cycle
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect, and Relative Addressing modes

### Special Microcontroller Features:

- Internal and external oscillator options
  - Precision Internal 4 MHz oscillator factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - External Oscillator support for crystals and resonators
  - 5  $\mu$ s wake-up from SLEEP, 3.0V, typical
- Power saving SLEEP mode
- Low power Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Detect (BOD)
- Watchdog Timer (WDT) with independent oscillator for reliable operation
- Multiplexed MCLR/Input-pin
- Interrupt-on-pin change
- Individual programmable weak pull-ups
- Programmable code protection
- High Endurance FLASH/EEPROM Cell
  - 100,000 write FLASH endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - FLASH/Data EEPROM Retention: > 40 years

### Low Power Features:

- Standby Current:
  - 1 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 8.5  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 100  $\mu$ A @ 1 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current
  - 300 nA @ 2.0V, typical
- Timer1 oscillator current:
  - 4  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical

### Peripheral Features:

- 6 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
- Analog comparator module with:
  - One analog comparator
  - Programmable on-chip comparator voltage reference (CVREF) module
  - Comparator output is externally accessible
- Analog-to-Digital Converter module (PIC12F675):
  - 10-bit resolution
  - Programmable 4-channel input
  - Voltage reference input
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Enhanced Timer1:
  - 16-bit timer/counter with prescaler
  - External Gate Input mode
  - Option to use OSC1 and OSC2 in LP mode as Timer1 oscillator, if INTOSC mode selected
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins

Device	Program Memory	Data Memory		I/O	10-bit A/D (ch)	Comparators	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F629	1024	64	128	6	–	1	1/1
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

\* 8-bit, 8-pin devices protected by Microchip's Low Pin Count Patent: U.S. Patent No. 5,847,450. Additional U.S. and foreign patents and applications may be issued or pending.

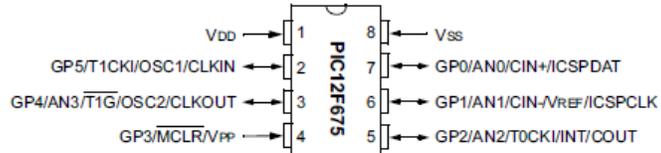
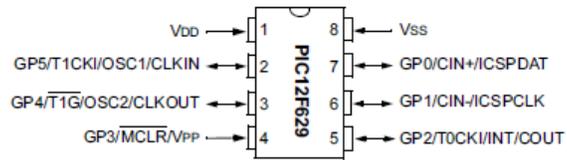
## ANEXO N° 1

[Hoja de datos del PIC 12F629]

# PIC12F629/675

### Pin Diagrams

8-pin PDIP, SOIC, DFN-S



## ANEXO N° 2

[Hoja de datos del PIC 16F877A]



# PIC16F87XA

## 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory, Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM), Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external  $\overline{RD}$ ,  $\overline{WR}$  and  $\overline{CS}$  controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

### Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

### Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

### CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

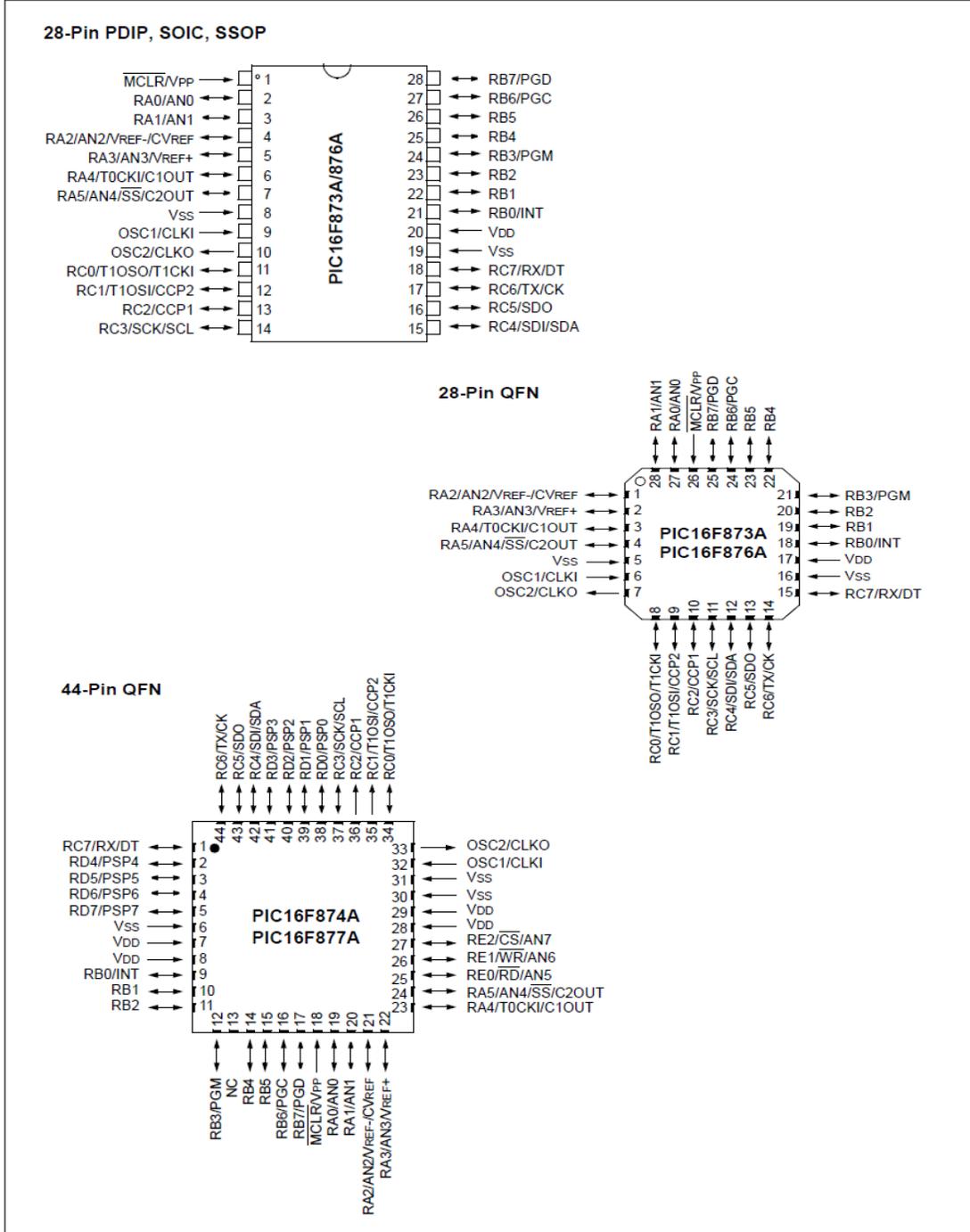
Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

## ANEXO N° 2

[Hoja de datos del PIC 16F877A]

# PIC16F87XA

### Pin Diagrams



## ANEXO N° 3

[Hoja de datos del PIC MM74C923]



October 1987  
Revised April 2001

# MM74C922 • MM74C923

## 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

### General Description

The MM74C922 and MM74C923 CMOS key encoders provide all the necessary logic to fully encode an array of SPST switches. The keyboard scan can be implemented by either an external clock or external capacitor. These encoders also have on-chip pull-up devices which permit switches with up to 50 kΩ on resistance to be used. No diodes in the switch array are needed to eliminate ghost switches. The internal debounce circuit needs only a single external capacitor and can be defeated by omitting the capacitor. A Data Available output goes to a high level when a valid keyboard entry has been made. The Data Available output returns to a low level when the entered key is released, even if another key is depressed. The Data Available will return high to indicate acceptance of the new key after a normal debounce period; this two-key roll-over is provided between any two switches.

An internal register remembers the last key pressed even after the key is released. The 3-STATE outputs provide for easy expansion and bus operation and are LPTTL compatible.

### Features

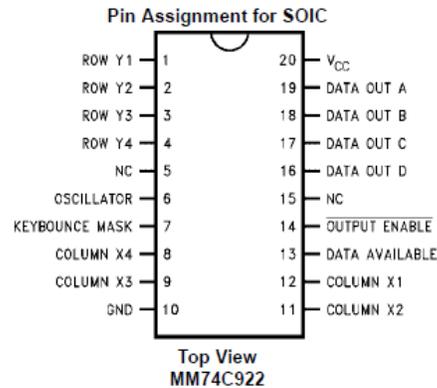
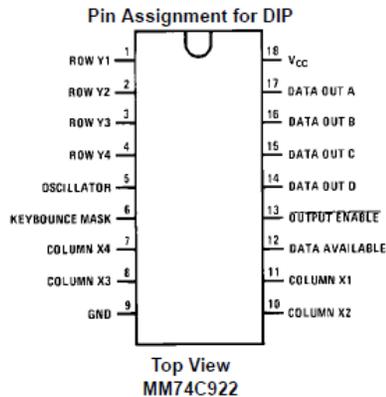
- 50 kΩ maximum switch on resistance
- On or off chip clock
- On-chip row pull-up devices
- 2 key roll-over
- Keybounce elimination with single capacitor
- Last key register at outputs
- 3-STATE output LPTTL compatible
- Wide supply range: 3V to 15V
- Low power consumption

### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74C922WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C922N	N18B	18-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide
MM74C923WM	M20B	20-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-013, 0.300" Wide
MM74C923N	N20A	20-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Device also available in Tape and Reel. Specify by appending suffix letter "X" to the ordering code.

### Connection Diagrams



MM74C922 • MM74C923 16-Key Encoder • 20-Key Encoder

## ANEXO N° 3

[Hoja de datos del PIC MM74C923]

MM74C922 • MM74C923

### Absolute Maximum Ratings (Note 2)

Voltage at Any Pin	$V_{CC} - 0.3V$ to $V_{CC} + 0.3V$
Operating Temperature Range	
MM74C922, MM74C923	-40°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Power Dissipation ( $P_D$ )	
Dual-In-Line	700 mW
Small Outline	500 mW
Operating $V_{CC}$ Range	3V to 15V
$V_{CC}$	18V
Lead Temperature	
(Soldering, 10 seconds)	260°C

**Note 2:** "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. Except for "Operating Temperature Range" they are not meant to imply that the devices should be operated at these limits. The table of "Electrical Characteristics" provides conditions for actual device operation.

### DC Electrical Characteristics

Min/Max limits apply across temperature range unless otherwise specified

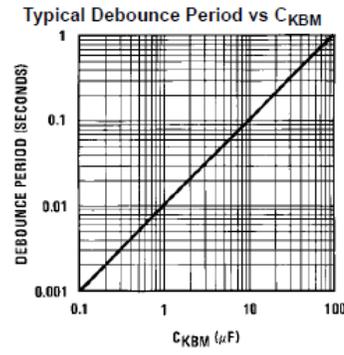
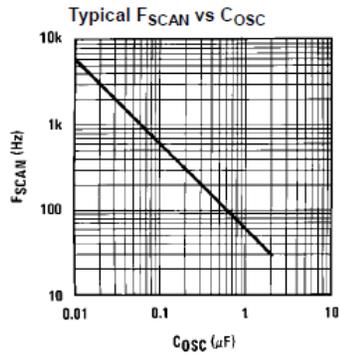
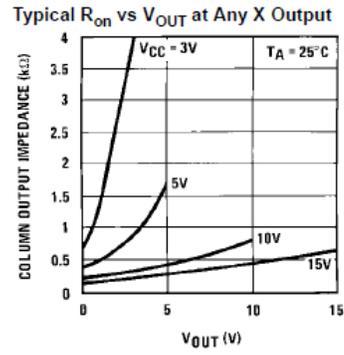
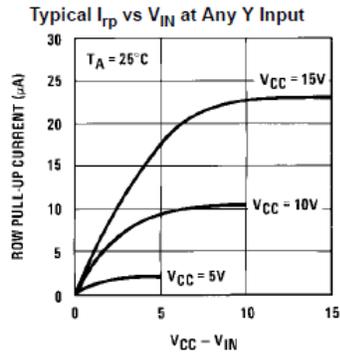
Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>CMOS TO CMOS</b>						
$V_{T+}$	Positive-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 \text{ mA}$	3.0	3.6	4.3	V
		$V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 \text{ mA}$	6.0	6.8	8.6	V
		$V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 \text{ mA}$	9.0	10	12.9	V
$V_{T-}$	Negative-Going Threshold Voltage at Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V, I_{IN} \geq 0.7 \text{ mA}$	0.7	1.4	2.0	V
		$V_{CC} = 10V, I_{IN} \geq 1.4 \text{ mA}$	1.4	3.2	4.0	V
		$V_{CC} = 15V, I_{IN} \geq 2.1 \text{ mA}$	2.1	5	6.0	V
$V_{IN(1)}$	Logical "1" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$	3.5	4.5		V
		$V_{CC} = 10V$	8.0	9		V
		$V_{CC} = 15V$	12.5	13.5		V
$V_{IN(0)}$	Logical "0" Input Voltage, Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 5V$		0.5	1.5	V
		$V_{CC} = 10V$		1	2	V
		$V_{CC} = 15V$		1.5	2.5	V
$I_{rp}$	Row Pull-Up Current at Y1, Y2, Y3, Y4 and Y5 Inputs	$V_{CC} = 5V, V_{IN} = 0.1 V_{CC}$		-2	-5	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 10V$		-10	-20	$\mu\text{A}$
		$V_{CC} = 15V$		-22	-45	$\mu\text{A}$
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = -10 \mu\text{A}$	4.5			V
		$V_{CC} = 10V, I_O = -10 \mu\text{A}$	9			V
		$V_{CC} = 15V, I_O = -10 \mu\text{A}$	13.5			V
$V_{OUT(0)}$	Logical "0" Output Voltage	$V_{CC} = 5V, I_O = 10 \mu\text{A}$			0.5	V
		$V_{CC} = 10V, I_O = 10 \mu\text{A}$			1	V
		$V_{CC} = 15V, I_O = 10 \mu\text{A}$			1.5	V
$R_{on}$	Column "ON" Resistance at X1, X2, X3 and X4 Outputs	$V_{CC} = 5V, V_O = 0.5V$		500	1400	$\Omega$
		$V_{CC} = 10V, V_O = 1V$		300	700	$\Omega$
		$V_{CC} = 15V, V_O = 1.5V$		200	500	$\Omega$
$I_{CC}$	Supply Current Osc at 0V, (one Y low)	$V_{CC} = 5V$		0.55	1.1	mA
		$V_{CC} = 10V$		1.1	1.9	mA
		$V_{CC} = 15V$		1.7	2.6	mA
$I_{IN(1)}$	Logical "1" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 15V$		0.005	1.0	$\mu\text{A}$
$I_{IN(0)}$	Logical "0" Input Current at Output Enable	$V_{CC} = 15V, V_{IN} = 0V$	-1.0	-0.005		$\mu\text{A}$
<b>CMOS/LPTTL INTERFACE</b>						
$V_{IN(1)}$	Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 4.75V$	$V_{CC} - 1.5$			V
$V_{IN(0)}$	Except Osc and KBM Inputs	$V_{CC} = 4.75V$			0.8	V
$V_{OUT(1)}$	Logical "1" Output Voltage	$I_O = -360 \mu\text{A}$	2.4			V
		$V_{CC} = 4.75V$ $I_O = -360 \mu\text{A}$				

# ANEXO N° 3

[Hoja de datos del PIC MM74C923]

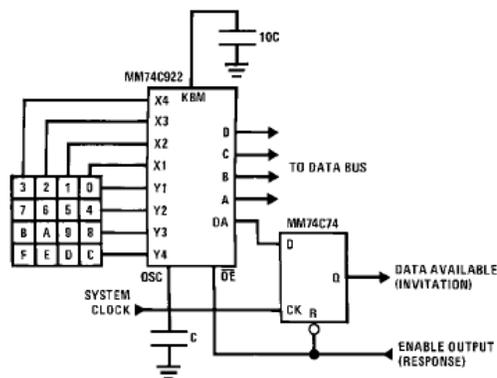
MM74C922 • MM74C923

## Typical Performance Characteristics



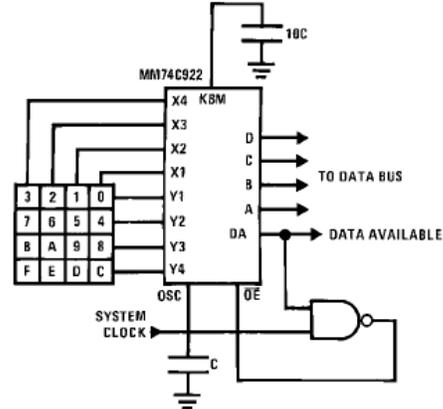
## Typical Applications

Synchronous Handshake (MM74C922)



The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc. and driving osc. directly if the system clock rate is lower than 10 kHz

Synchronous Data Entry Onto Bus (MM74C922)



Outputs are enabled when valid entry is made and go into 3-STATE when key is released.

The keyboard may be synchronously scanned by omitting the capacitor at osc. and driving osc. directly if the system clock rate is lower than 10 kHz

## ANEXO N° 4

[Hoja de datos de la pantalla LM018L]

# LM018L

液晶之友 电话: 020-33819057  
[Http://www.lcdfriends.com](http://www.lcdfriends.com)

- 40 character x 2 lines
- Controller LSI HD44780 is built-in (See page 79).
- +5V single power supply
- Display color: LM018L : Gray

### MECHANICAL DATA (Nominal dimensions)

Module size . . . 182W x 35.5H (max.) x 10.5T (max.) mm  
 Effective display area . . . . . 154.0W x 15.3H mm  
 Character size (5 x 7 dots) . . . . . 3.2W x 4.85H mm  
 Character pitch . . . . . 3.7 mm  
 Dot size . . . . . 0.6W x 0.65H mm  
 Weight . . . . . about 65g

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

	min.	max.
Power supply for logic ( $V_{DD} - V_{SS}$ ) . . . . .	0	6.5 V
Power supply for LCD drive ( $V_{DD} - V_O$ ) . . . . .	0	6.5 V
Input voltage ( $V_i$ ) . . . . .	$V_{SS}$	$V_{DD}$ V
Operating temperature ( $T_a$ ) . . . . .	0	50° 40°C
Storage temperature ( $T_{stg}$ ) . . . . .	-20	70 60°C

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_a=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{DD}=5.0\text{V} \pm 0.25\text{V}$

Input "high" voltage ( $V_{IH}$ ) . . . . .	2.2V min.
Input "low" voltage ( $V_{IL}$ ) . . . . .	0.6V max.
Output "high" voltage ( $V_{OH}$ ) ( $-I_{OH}=0.2\text{mA}$ ) . . . . .	2.4V min.
Output "low" voltage ( $V_{OL}$ ) ( $I_{OL}=1.2\text{mA}$ ) . . . . .	0.4V max.
Power supply current ( $I_{DD}$ ) ( $V_{DD}=5.0\text{V}$ ) . . . . .	2.0 mA typ.
	3.0 mA max.

### POWER SUPPLY FOR LCD DRIVE (Recommended)

Duty = 1/16

Range of $V_{DD} - V_O$ . . . . .	1.5~5.25 V
$T_a=0^\circ\text{C}$ . . . . .	4.6 V typ.
$T_a=25^\circ\text{C}$ . . . . .	4.4 V typ.
$T_a=50^\circ\text{C}$ . . . . .	4.2 V typ.

OPTICAL DATA . . . . . See page 7

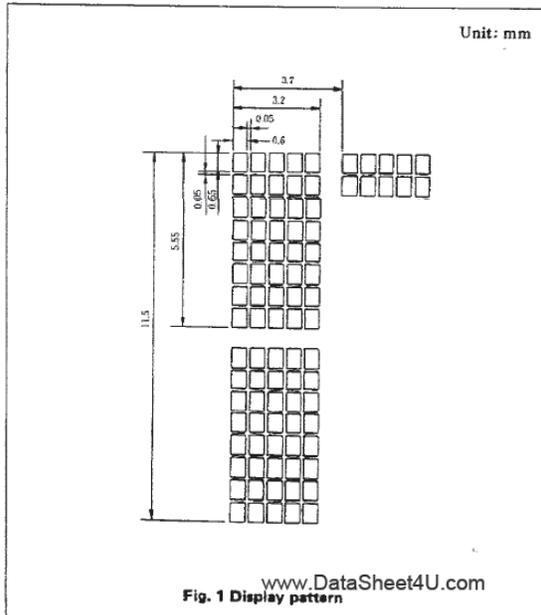
### CONNECTION

Pin No.	Symbol	Level	Function
1	$V_{SS}$	—	0V
2	$V_{DD}$	—	+5V
3	$V_O$	—	—
4	RS	H/L	L: Instruction code input H: Data input
5	R/W	H/L	H: Data read (LCD module→MPU) L: Data write (LCD module←MPU)
6	E	H, H→L	Enable signal
7	DB0	H/L	Data bus line Note (1), (2)
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	

### Notes:

In the HD44780, the data can be sent in either 4-bit 2-operation or 8-bit 1-operation so that it can interface to both 4 and 8 bit MPU's.

- (1) When interface data is 4 bits long, data is transferred using only 4 buses of  $DB_4 \sim DB_7$  and  $DB_0 \sim DB_3$  are not used. Data transfer between the HD44780 and the MPU completes when 4-bit data is transferred twice. Data of the higher order 4 bits (contents of  $DB_4 \sim DB_7$ , when interface data is 8 bits long) is transferred first and then lower order 4 bits (contents of  $DB_0 \sim DB_3$ , when interface data is 8 bits long).
- (2) When interface data is 8 bits long, data is transferred using 8 data buses of  $DB_0 \sim DB_7$ .



## ANEXO N° 5

### [Código Eléctrico Nacional, capítulo 9, tabla #9]

**Tabla 9 Resistencia y Reactancia de Corriente Alterna (ca) para Cables de 600 Voltios, 3 Fases, 60 Hz, 75°C (167°F) - Tres Conductores Sencillos en Conducto.**

Calibre (AWG ó kcmil)		Ohmios al Neutro por 1000 pies														Calibre (AWG ó kcmil)
		X <sub>L</sub> Reactancia de Conductores		Resistencia ca de Conductores de Cobre Sin Recubrir			Resistencia de ca de Conductores de Aluminio			Impedancia Z Eficaz a FP = 0,85 de Conductores de Cobre Sin Recubrir			Impedancia (Z) Eficaz a FP = 0,85 para Conductores de Aluminio			
		Ductos de PVC y Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	
14	0,190 0,058	0,240 0,073	10,2 3,1	10,2 3,1	10,2 3,1	-	-	-	8,9 2,7	8,9 2,7	8,9 2,7	-	-	-	14	
12	0,177 0,054	0,223 0,068	6,6 2,0	6,6 2,0	6,6 2,0	10,5 3,2	10,5 3,2	10,5 3,2	5,6 1,7	5,6 1,7	5,6 1,7	9,3 2,8	9,2 2,8	9,2 2,8	12	
10	0,164 0,050	0,207 0,063	3,9 1,2	3,9 1,2	3,9 1,2	6,6 2,0	6,6 2,0	6,6 2,0	3,6 1,1	3,6 1,1	3,6 1,1	5,9 1,8	5,9 1,8	5,9 1,8	10	
8	0,171 0,052	0,213 0,065	2,56 0,78	2,56 0,78	2,56 0,78	4,3 1,3	4,3 1,3	4,3 1,3	2,26 0,69	2,26 0,69	2,30 0,70	3,6 1,1	3,6 1,1	3,6 1,1	8	
6	0,167 0,051	0,210 0,064	1,61 0,49	1,61 0,49	1,61 0,49	2,66 0,81	2,66 0,81	2,66 0,81	1,44 0,44	1,48 0,45	1,48 0,45	2,33 0,71	2,36 0,72	2,36 0,72	6	
4	0,157 0,048	0,197 0,060	1,02 0,31	1,02 0,31	1,02 0,31	1,67 0,51	1,67 0,51	1,67 0,51	0,95 0,29	0,95 0,29	0,98 0,30	1,51 0,46	1,51 0,46	1,51 0,46	4	
3	0,154 0,047	0,194 0,059	0,82 0,25	0,82 0,25	0,82 0,25	1,31 0,40	1,35 0,41	1,31 0,40	0,75 0,23	0,79 0,24	0,79 0,24	1,21 0,37	1,21 0,37	1,21 0,37	3	
2	0,148 0,045	0,187 0,057	0,62 0,19	0,66 0,20	0,66 0,20	1,05 0,32	1,05 0,32	1,05 0,32	0,62 0,19	0,62 0,19	0,66 0,20	0,98 0,30	0,98 0,30	0,98 0,30	2	
1	0,151 0,046	0,187 0,057	0,49 0,15	0,52 0,16	0,52 0,16	0,82 0,25	0,85 0,26	0,82 0,25	0,52 0,16	0,52 0,16	0,52 0,16	0,79 0,24	0,79 0,24	0,82 0,25	1	
1/0	0,144 0,044	0,180 0,055	0,39 0,12	0,43 0,13	0,39 0,12	0,66 0,20	0,69 0,21	0,66 0,20	0,43 0,13	0,43 0,13	0,43 0,13	0,62 0,19	0,66 0,20	0,66 0,20	1/0	
	0,141	0,177	0,33	0,33	0,33	0,52	0,52	0,52	0,36	0,36	0,36	0,52	0,52	0,52	2/0	
Calibre (AWG ó kcmil)		Ohmios al Neutro por Kilómetro														Calibre (AWG ó kcmil)
		X <sub>L</sub> Reactancia de Conductores		Resistencia ca de Conductores de Cobre Sin Recubrir			Resistencia de ca de Conductores de Aluminio			Impedancia Z Eficaz a FP = 0,85 de Conductores de Cobre Sin Recubrir			Impedancia (Z) Eficaz a FP = 0,85 para Conductores de Aluminio			
		Ductos de PVC y Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	Ductos de PVC	Ductos de Aluminio	Ductos de Acero	
3/0	0,138 0,042	0,171 0,052	0,253 0,077	0,269 0,082	0,259 0,079	0,43 0,13	0,43 0,13	0,43 0,13	0,289 0,088	0,302 0,092	0,308 0,094	0,43 0,13	0,43 0,13	0,46 0,14	3/0	
4/0	0,135 0,041	0,167 0,051	0,203 0,062	0,220 0,067	0,207 0,063	0,33 0,10	0,36 0,11	0,33 0,10	0,243 0,074	0,256 0,078	0,262 0,080	0,36 0,11	0,36 0,11	0,36 0,11	4/0	
250	0,135 0,041	0,171 0,052	0,171 0,052	0,187 0,057	0,177 0,054	0,279 0,085	0,295 0,090	0,282 0,086	0,217 0,066	0,230 0,070	0,240 0,073	0,308 0,094	0,322 0,098	0,33 0,10	250	
300	0,135 0,041	0,167 0,051	0,144 0,044	0,161 0,049	0,148 0,045	0,233 0,071	0,249 0,076	0,236 0,072	0,194 0,059	0,207 0,063	0,213 0,065	0,269 0,082	0,282 0,086	0,289 0,088	300	
350	0,131 0,040	0,164 0,050	0,125 0,038	0,141 0,043	0,128 0,039	0,200 0,061	0,217 0,066	0,207 0,063	0,174 0,053	0,190 0,058	0,197 0,060	0,240 0,073	0,253 0,077	0,262 0,080	350	
400	0,131 0,040	0,161 0,049	0,108 0,033	0,125 0,038	0,115 0,035	0,177 0,054	0,194 0,059	0,180 0,055	0,161 0,049	0,174 0,053	0,184 0,056	0,217 0,066	0,233 0,071	0,240 0,073	400	
500	0,128 0,039	0,157 0,048	0,089 0,027	0,105 0,032	0,095 0,029	0,141 0,043	0,157 0,048	0,148 0,045	0,141 0,043	0,157 0,048	0,164 0,050	0,187 0,057	0,200 0,061	0,210 0,064	500	
600	0,128 0,039	0,157 0,048	0,075 0,023	0,092 0,028	0,082 0,025	0,118 0,036	0,135 0,041	0,125 0,038	0,131 0,040	0,144 0,044	0,154 0,047	0,167 0,051	0,180 0,055	0,190 0,058	600	
750	0,125 0,038	0,157 0,048	0,062 0,019	0,079 0,024	0,069 0,021	0,095 0,029	0,112 0,034	0,102 0,031	0,118 0,036	0,131 0,040	0,141 0,043	0,148 0,045	0,161 0,049	0,171 0,052	750	
	0,121	0,151	0,049	0,062	0,059	0,075	0,089	0,082	0,105	0,118	0,131	0,128	0,138	0,151		

## ANEXO N° 6

### [Código Eléctrico Nacional, la tabla 430.7 (B)]

FONDONORMA 200

CÓDIGO ELÉCTRICO NACIONAL

polifásicos de rotor devanado, se omitirá la letra de código.

NOTA: Véase 430.7(B).

- (9) La letra de código en los motores B, C, D o E.

NOTA: La definición de estas letras se encuentra en *Motors and Generators, part I, Definitions, ANSI / NEMA MG 1-1993* y en el *Standard Dictionary of Electrical and Electronic Terms, ANSI/IEEE 100-1996*

- (10) En motores de inducción de rotor devanado la tensión en voltios del secundario y la corriente a plena carga en amperios.
- (11) Corriente y tensión del campo para los motores sincrónicos excitados con corriente continua.
- (12) El tipo de devanado. En los motores de corriente continua, en derivación normal, en derivación estabilizado, compuesto o en serie. No es necesario que estén marcados en los motores de cc de potencia nominal fraccionada y de un diámetro de 175 mm (7") ó menos.
- (13) Los motores provistos con protección térmica que cumplan con los requisitos del 430.32(A)(2) ó (B)(2), llevarán la inscripción "protegido térmicamente". Se permite que los motores protegidos térmicamente de 100 vatios nominales o menos, que cumplan lo establecido en el 430.32 (B)(2), lleven la marca abreviada "T.P."
- (14) Un motor que cumpla con lo establecido en 430.32(B)(4) llevará la inscripción "protegido por impedancia". Se permite que los motores protegidos por impedancia de 100 vatios nominales o menos, que cumplan con lo establecido en la Sección 430.32(B)(4), lleven la marca abreviada "Z.P."

**(B) Letras de Código de los Indicadores con Rotor Bloqueado.** Las letras de código marcadas en las placas de características de los motores para indicar la entrada del motor con el rotor bloqueado, cumplirán con la Tabla 430.7(B).

La letra de Código que indica la potencia del motor con rotor bloqueado, aparecerá en un lugar especial de la placa de características.

**(1) Motores de Velocidad Múltiple.** Los motores de velocidad múltiple estarán marcados con la letra de Código que designe los kVA por hp a rotor bloqueado para la velocidad más alta que el motor puede arrancar.  
*Excepción: Los motores de potencia constante y de velocidad múltiple estarán marcados con la letra de Código que indica el número más alto de kVA por hp con rotor bloqueado.*

**(2) Motores de Una Sola Velocidad.** Los motores de una velocidad que arrancan conectados en estrella (Y) y funcionan conectados en delta ( $\Delta$ ), estarán marcados con la letra de Código correspondiente a los kVA por hp con rotor bloqueado cuando están conectados en estrella (Y).

**Tabla 430.7(B) Letras de Código de los Motores con Rotor Bloqueado.**

Letra de Código	kVA por hp con Rotor Bloqueado
A	0 □ 3,14
B	3,15 □ 3,54
C	3,55 □ 3,99
D	4,0 □ 4,49
E	4,5 □ 4,99
F	5,0 □ 5,59
G	5,6 □ 6,29
H	6,3 □ 7,09
J	7,1 □ 7,99
K	8,0 □ 8,99
L	9,0 □ 9,99
M	10,0 □ 11,19
N	11,2 □ 12,49
P	12,5 □ 13,99
R	14,0 □ 15,99
S	16,0 □ 17,99
T	18,0 □ 19,99
U	20,0 □ 22,39
V	22,4 en adelante

**(3) Motores de Doble Tensión.** Los motores de doble tensión que tengan distintos kVA por hp con rotor bloqueado para cada tensión, estarán marcados con la letra de Código correspondiente a la tensión que produzca el número máximo de kVA por hp con rotor bloqueado.

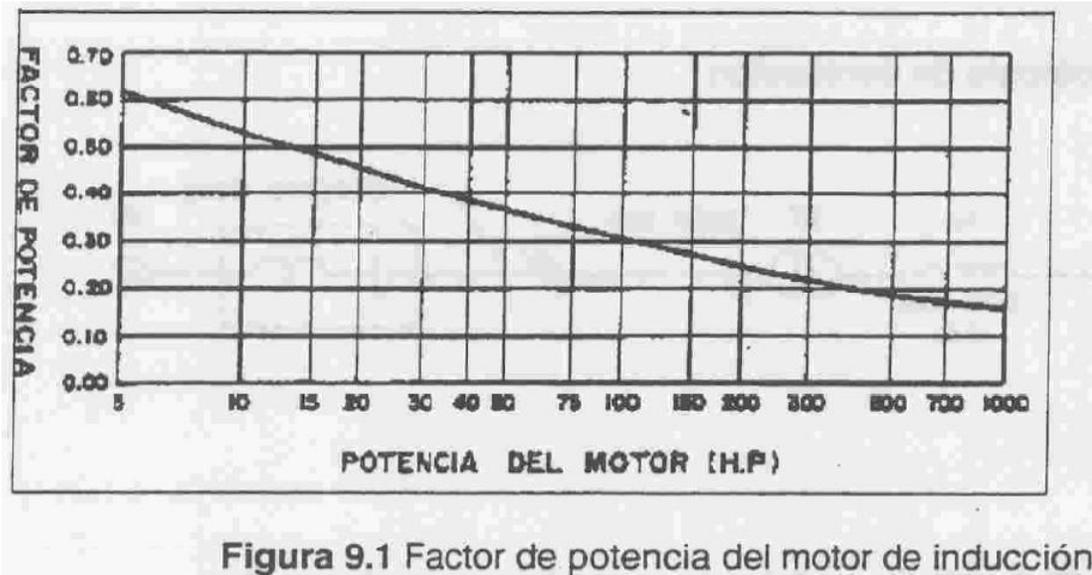
**(4) Motores de 50/60 Hz.** Los motores que funcionen a 50 y 60 Hz estarán marcados con la letra de Código que indique los kVA por hp con rotor bloqueado a 60 Hz.

**(5) Motores con Arranque a Devanado Fraccionado.** Los motores con arranque a devanado fraccionado estarán marcados con la letra de Código que designe los kVA por hp con rotor bloqueado basado en la corriente a rotor bloqueado correspondiente al devanado completo del motor.

**(C) Motores de Par.** Los motores de par se designan para la operación en condición de detención y estarán marcados de acuerdo con 430.7(A), excepto que el par con

## ANEXO N° 7

[Alberto Naranjo, *Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrica*, figura 9.1]



**Figura 9.1** Factor de potencia del motor de inducción

## ANEXO N° 8

[Alberto Naranjo, *Proyecto del Sistema de Distribución Eléctrica*, tabla 9.2]

**Tabla 9.2** Fluctuaciones de tensión permitida (% v)

FRECUENCIA DE LA FLUCTUACIÓN	CIRCUITOS PRIMARIOS	CIRCUITOS SECUNDARIOS
Entre 4 y 20 Fluct/día	4	6
Entre 4 y 20 Fluct/día	4	6
Entre 1 y 10 Fluct/hora	3,5	5
Entre 10 y 40 Fluct/hora	2,5	4
Entre 1 y 2 Fluct/minuto	2,5	3
Entre 2 y 30 Fluct/minuto	1,5	3
Entre 30 y 40 Fluct/minuto	1	2
Entre 1 y 2 Fluct/segundo	1	1,5
Entre 2 y 25 Fluct/segundo	0,5	0,75
Más de 25 Fluct/segundo	1	1,5

## ANEXO N° 9

[Hoja de datos del sensor infrarrojo IS471F]

**SHARP**

**IS471F**

# IS471F

**OPIC Light Detector with Built-in Signal Processing Circuit for Light Modulation System**

### ■ Features

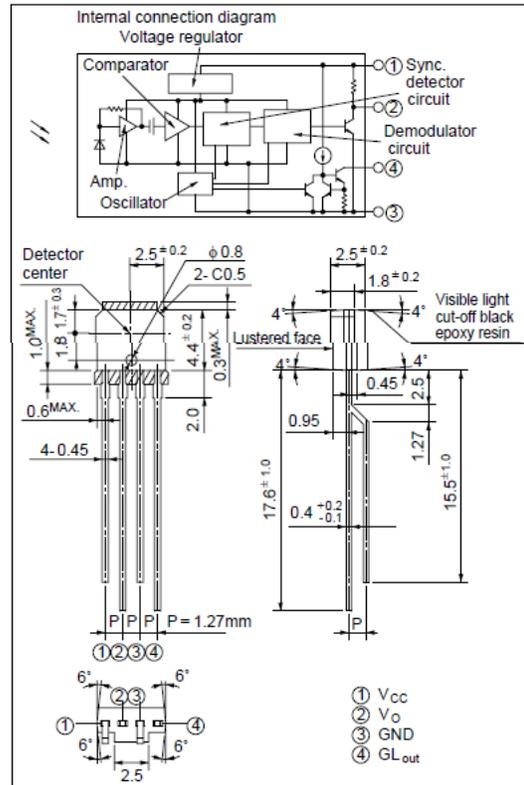
1. Impervious to external disturbing lights due to light modulation system
2. Built-in pulse driver circuit and sync. detector circuit on the emitter side
3. A wide range of operating supply voltage ( $V_{CC}$ : 4.5 to 16V)

### ■ Applications

1. Optoelectronic switches
2. Copiers, printers
3. Facsimiles

### ■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



\*\*\*OPIC\*\* (Optical IC) is a trademark of the SHARP Corporation.  
An OPIC consists of a light-detecting element and signal-processing circuit integrated onto a single chip.

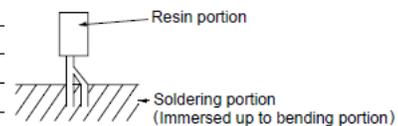
### ■ Absolute Maximum Ratings

( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	$V_{CC}$	-0.5 to 16	V
Output	Output voltage	16	V
	Output current	50	mA
*1 GL output	Output voltage	16	V
Power dissipation	P	250	mW
Operating temperature	$T_{opr}$	-25 to +60	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	$T_{stg}$	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
*2 Soldering temperature	$T_{sol}$	260	$^\circ\text{C}$

\*1 Applies to  $GL_{out}$  terminal

\*2 For 5 seconds at the position shown in the right figure



# ANEXO N° 9

[Hoja de datos del Sensor Infrarrojo IS471F]

**SHARP**

**IS471F**

## ■ Electro-optical Characteristics

( $V_{CC}= 5V, T_a= 25^{\circ}C$ )

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Operating supply voltage	$V_{CC}$	-	4.5	-	16	V	
Supply current	$I_{CC}$	$V_o, GL_{out}$ terminals shall be opened.	-	3.5	7.0	mA	
Output	Low level output voltage	$V_{OL}$	$I_{OL}= 16mA, E_{VP}= 500lx, E_{VD}= 0^{*3}$	-	0.15	0.35	V
	High level output voltage	$V_{OH}$	$E_{VD}= E_{VP}= 0^{*3}$	4.97	-	-	V
	Output short circuit current	$I_{OS}$	$E_{VP}= E_{VD}= 0^{*3}$	0.25	0.5	1.0	mA
GL output	Low level output current	$I_{GL}$	$V_{GL}= 1.2V$	40	55	70	mA
	*4 Pulse cycle	$t_p$	-	70	130	220	$\mu s$
	*4 Pulse width	$t_w$	-	4.4	8	13.7	$\mu s$
*5 "Low→High" threshold irradiance	$E_{ePLH}$	$E_{eD}= 0^{*3}$ Light emitting diode ( $\lambda_p= 940nm$ ) *6	-	0.4	2.66	$\mu W/mm^2$	
*5 "High→Low" threshold irradiance	$E_{ePHL}$		-	0.7	2.8	$\mu W/mm^2$	
Hysteresis	$E_{ePLH} / E_{ePHL}$		0.45	0.65	0.95	-	
Response time	"High→Low" propagation delay time	$t_{PHL}$	*6	-	400	670	$\mu s$
	"Low→High" propagation delay time	$t_{PLH}$	*6	-	400	670	$\mu s$
*7 External disturbing light illuminance	$E_{VDX}$	$E_{ep}= 7.5 \mu W/mm^2, ^{*3}\lambda_p= 940nm$	2000	7500	-	lx	

\*3  $E_{eP}$  represents illuminance of signal light in sync with the low level timing of output at  $GL_{out}$  terminal.

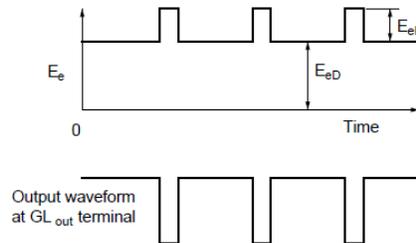
$E_{eD}$  represents illuminance of DC light. For detail, see Fig. 1.

Light source: Infrared light emitting diode ( $\lambda_p= 940nm$ )

$E_{VP}$  represents illuminance of signal light in sync with the low level timing of output at  $GL_{out}$  terminal.

$E_{VD}$  represents illuminance of DC light. Note that the light source is CIE standard light source A.

**Fig.1**

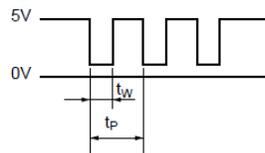


(Note) Fig. 1 shows the output waveform at  $GL_{out}$  terminal with **IS471F** connected as shown in Fig. 3.

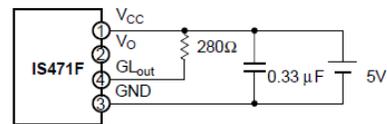
\*4 Pulse cycle ( $t_p$ ), pulse width ( $t_w$ ) are defined as shown in Fig. 2.

The waveform shown in Fig. 2 is the output voltage waveform at  $GL_{out}$  terminal with **IS471F** connected as shown in Fig. 3

**Fig.2**



**Fig.3**



\*5 Defined as  $E_{eP}$  that causes the output to go " Low to High" ( or " High to Low" ).

# ANEXO N° 9

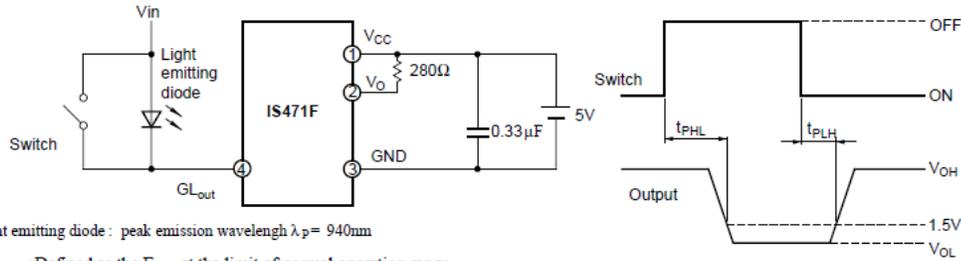
[Hoja de datos del Sensor Infrarrojo IS471F]

**SHARP**

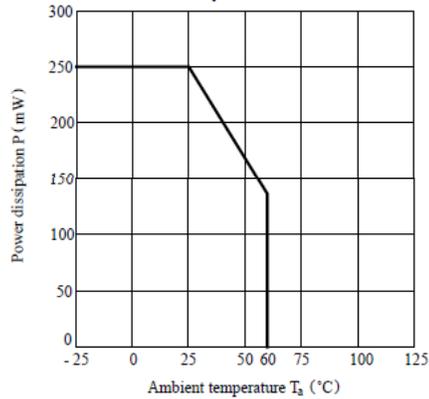
**IS471F**

\*6 Test circuit for response time, threshold irradiance is shown in Fig. 4.

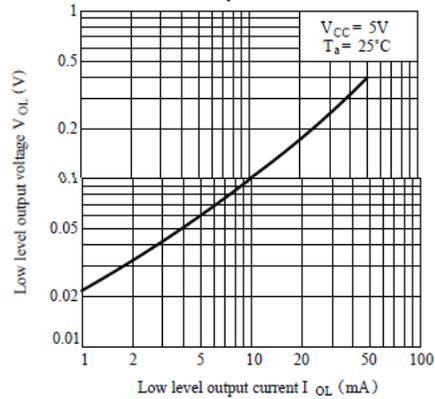
**Fig. 4**



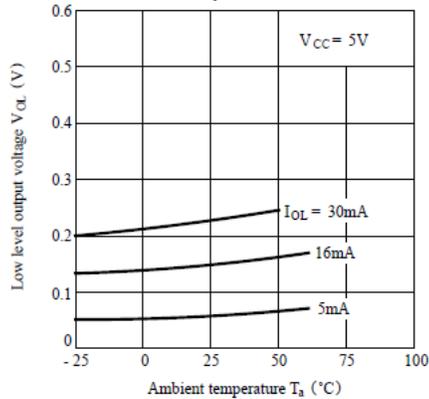
**Fig. 5 Power Dissipation vs. Ambient Temperature**



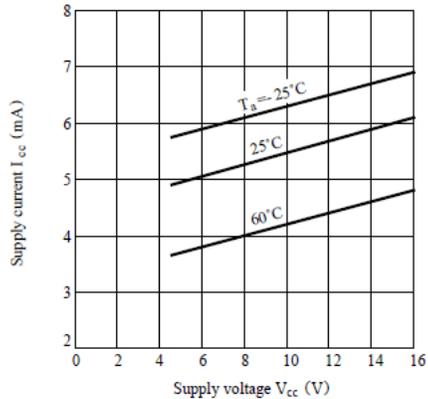
**Fig. 6 Low Level Output Voltage vs. Low Level Output Current**



**Fig. 7 Low Level Output Voltage vs. Ambient Temperature**



**Fig. 8 Supply Current vs. Supply Voltage**



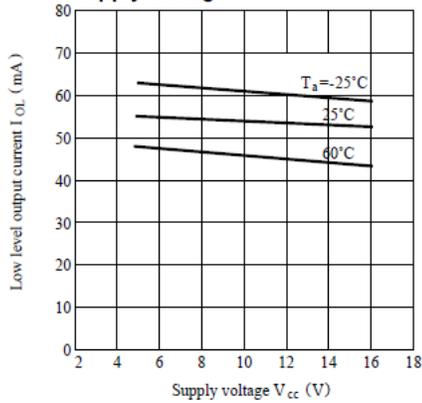
# ANEXO N° 9

[Hoja de datos del Sensor Infrarrojo IS471F]

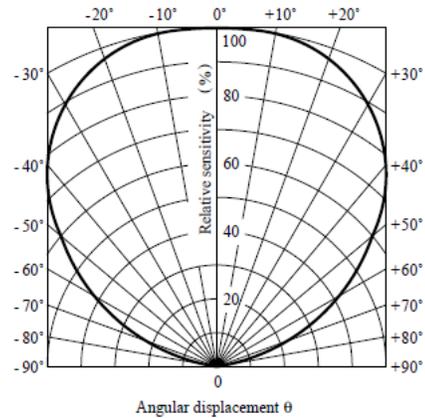
**SHARP**

**IS471F**

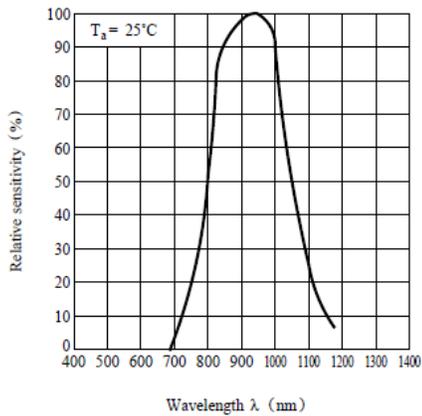
**Fig. 9 Low Level Output Current vs. Supply Voltage**



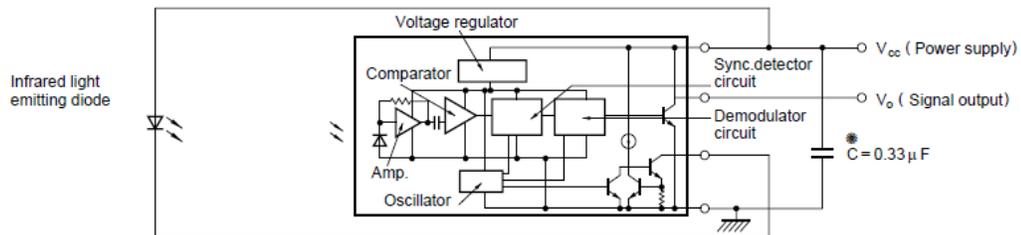
**Fig.10 Sensitivity Diagram ( $T_a = 25^\circ\text{C}$ )**



**Fig.11 Spectral Sensitivity**



## Basic Circuit



\* In order to stabilize power supply line, connect a by-pass capacitor of  $0.33\mu\text{F}$  or more between  $V_{cc}$  and GND near the device.

● Please refer to the chapter "Precautions for Use."

## ANEXO N° 10

[Catalogo de Contactores y Relés de Sobrecarga. Weg Industrias LTDA.]

Contactores Tripolares/Tetrapolares Línea CWM			CWM 9		CWM 12		CWM 18	
			CA-.10/.01 CC-.10/.01		CA (3 polos)-.10/.01 (4 polos)-.4P/.2P/2R CC-.10/.01		CA (3 polos)-.10/.01 (4 polos)-.4P/.2P/2R CC-.10/.01	
AC-3 Arranque de motores de jaula con desconexión en régimen nominal.	le máx. (Ue ≤ 440V) (A)		9	12	18			
	Potencia (50 y 60Hz)	220V HP	3	4	6 (5,5 <sup>2</sup> )			
		380V HP	5 (5,5 <sup>2</sup> )	7,5	10			
		440V HP	6 (5,5 <sup>2</sup> )	7,5	12,5 (10 <sup>2</sup> )			
Man. / hora a plena carga		1200	1200	1200				
AC-4 Arranque de motores de jaula, servicio/marcha intermitente e inversión de marcha a plena carga (maniobras pesadas).	le máx. (Ue ≤ 690V) (A)		5	7	8			
	Potencia (50 y 60Hz)	220V HP	1,5	2	2			
		380V HP	3	4	5 (4 <sup>2</sup> )			
		440V HP	3	5 (4 <sup>2</sup> )	6 (5,5 <sup>2</sup> )			
Man. / hora a plena carga		360	360	360				
AC-1 Maniobras de cargas resistivas puras o debilmente inductivas.	Carga resistiva $I_e = I_{th}$ (A)		25	25	32			
	Potencia (50 y 60Hz)	220V kW	9,5	9,5	12			
		380V kW	16,5	16,5	21			
		440V kW	19	19	24			
Man. / hora a plena carga		1200	1200	1200				
N° de polos <sup>3)</sup>			3 polos	3 polos   4 polos	3 polos   4 polos			
Fusible máximo (gL/gG) <sup>4)</sup>		A	25	25	35			
Cons. Bobina (CA en 50Hz) <sup>5)</sup> "Ligar" / "Ligada" VA			45/6	45/6	45/6			
Peso CA/CC		kg	0,295/0,490	0,295/0,49   0,295/-	0,295/0,49   0,295/-			
Dimensiones	Ancho	mm	45	45   45	45   45			
	Altura	mm	81	81   81	81   81			
	Profundidad CA/CC	mm	85/115	85/115   85/-	85/115   85/-			
Accesorios			BCXMF 10 (1NA) BCXMF 01 (1NC) BCXMFA 10 (1NAa) BCXMFR 01 (1NCr)	BCXML 11 (1NA + 1NC) BCXML 20 (2NA) BCXMRL 11 (1NA + 1NC) <sup>6)</sup> BCXMRL 20 (2NA) <sup>6)</sup>	 			
Contactos Auxiliares <sup>9)</sup>	Integrado		.10/.01					
	Mont.Frontal (+29mm)		BCXMF _ _					
	Mont.Lateral (+12,4mm)		BCXML _ _ / BCXMRL _ _					
Temporizador Neumático	Mont.Frontal		BTM 30E / BTM 30D					
Bloque de Retención Mecánica	Mont.Frontal		BRMM _ _					
Bloque Antiparasit. (Supres.sobretens.)	RC	A1/A2	BAMRC 4/5/6					
	Diodo	A1/A2	BAMDI 10					
Enclavamiento Mecánico	Mont.Lateral		BLIM 2					
Juegos de Contactos Principales (repuestos)			JC CWM 9	JC CWM 12 <sup>10)</sup>	JC CWM 18 <sup>10)</sup>			
Bobinas (repuestos)	Corriente Alterna (CA)		BCA CWM 9 a 25 xx <sup>1)</sup>					
	Corriente Continua (CC)		BCC CWM 9 a 25 xx <sup>1)</sup>					

## ANEXO N° 10

[Catálogo de Contactores y Relés de Sobrecarga. Weg Industrias LTDA.]

<b>Relés de Sobrecarga</b> <b>Línea RW_D</b>		<b>RW 27D</b>	
<p>Sensibilidad contra falta de fase; Compensación de temperatura; Clase de disparo 10; Tecla multifunción programable :</p>		Montaje directa al contactor. Montaje en riel con adaptador BF 27D.	
<p>A Solamente rearme automático. AUTO Rearme, desconexión por botón y función test. HAND Rearme manual, desconexión por botón y función test. R Solamente rearme manual.</p>		Rango Ajuste / Fus.máx.(gL/gG) <sup>4)</sup> A :	
		0,28...0,4 / 2    1,8...2,8 / 6    8...12,5 / 25 0,4...0,63 / 2    2,8...4 / 10    10...15 / 35 0,56...0,8 / 2    4...6,3 / 16    11...17 / 35 0,8...1,2 / 4    5,6...8 / 20    15...23 / 50 1,2...1,8 / 6    7...10 / 25    22...32 / 63 <sup>11)</sup>	
Dimensiones		Ancho	mm
		Altura	45
		Profundidad	79,5
Peso		kg	0,147
Accesorios		Base Fijación Individual : BF 27D	
<b>Relés de Sobrecarga</b> <b>Línea RW_D</b>		<b>RW 67D</b>	
<p>Sensibilidad contra falta de fase; Compensación de temperatura; Clase de disparo 10; Tecla multifunción programable :</p>		Montaje directa al contactor. Montaje en riel con adaptador BF 67D.	
<p>A Solamente rearme automático. AUTO Rearme, desconexión por botón y función test. HAND Rearme manual, desconexión por botón y función test. R Solamente rearme manual.</p>		Rango Ajuste / Fus.máx.(gL/gG) <sup>4)</sup> A :	
		25...40 / 80    32...50 / 100    40...57 / 100    50...63 / 100    57...70 / 125    63...80 / 125	
Dimensiones		Ancho	mm
		Altura	50
		Profundidad	73
Peso		kg	0,310
Accesorios		Base Fijación Individual : BF 67D	
<b>Relés de Sobrecarga</b> <b>Línea RW_D</b>		<b>RW 117.1D</b>	
<p>Sensibilidad contra falta de fase; Compensación de temperatura; Clase de disparo 10; Tecla multifunción programable :</p>		Montaje directa al contactor. Montaje en riel con adaptador BF 117D.	
<p>A Solamente rearme automático. AUTO Rearme, desconexión por botón y función test. HAND Rearme manual, desconexión por botón y función test. R Solamente rearme manual.</p>		Rango Ajuste / Fus.máx.(gL/gG) <sup>4)</sup> A :	
		75...97 / 200    90...115 / 250	
Dimensiones		Ancho	mm
		Altura	75
		Profundidad	100
Peso		kg	0,520
Accesorios		Base Fijación Individual : BF 117D	



WEG INDUSTRIAS LTDA.

## ANEXO N° 11

[Rutina de Programación del PIC12F629]

```
#include <12F629.h>
#use delay(internal=4M)
#use rs232 (baud=19200, xmit=PIN_A0)
Boolean ini_cont=1,enviado=0;
long int n_pulsos=0;
#INT_EXT
void Rut_Serv_Int_Ext()
{
    if(ini_cont)
    {
        setup_timer_1(T1_EXTERNAL);
        ini_cont=FALSE;
    }
    n_pulsos=get_timer1();
    set_timer1(0x0000);
    enviado=FALSE;
    output_high(PIN_A1); // Listo para enviar
}
void main()
{
    ext_int_edge( L_TO_H );
    set_timer1(0x0000);
    output_low(PIN_A1);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    enable_interrupts(INT_EXT);
    while(TRUE)
    {
        if(!enviado && n_pulsos!=0 && input(PIN_A4))
        {
            printf("%Ld\r",n_pulsos);
            enviado=TRUE;
            output_low(PIN_A1); // Enviado
        }
    }
}
```

## ANEXO N° 12

### [Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
#include <16F877A.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#use delay(clock=20M)
#include<C:\Users\Jofrank\Desktop\10mo
Sem\CCS_PCWH_IdeUtils_4.038_keygen_MPLab_plugin\Detector de Error\16F\LCD.C>
#define baud_rate 19200
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A0, STREAM=1)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A1, STREAM=2)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A2, STREAM=3)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A3, STREAM=4)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A4, STREAM=5)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_A5, STREAM=6)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_E0, STREAM=7)
#use rs232 (baud=baud_rate, RCV=PIN_E1, STREAM=8)
Long int voltaje=120,amper=10,porce=100,divide=1,elementos=1;
int16 ctte=1125,imp;
float mult,tiempo;
void act_variables()
{
    mult=0.001*ctte*amper*voltaje/divide;
    imp= (2400000.0/mult);
    tiempo=imp*0.15/porce/elementos;
}
void lcd_print(int x,int y,int NFC,int PIN) //INT define función d enteros sin espera d retorno
//x y y son las coordenadas donde va colocar dato, nfc es el número de la fc, pin es del pin del puerto D
//q da permiso a hacer la comunicación serial
{
    float n_pulsos=0;//variable de 16bit usada para registrar el número de pulsos contados
    float Error=0;//var de 32bit que registra el calculo del error en números y decimales
    char lec_FC[7];//variable tipo cadena d caracteres (señal del conteo obedece a los pulsos de la fc)
    output_high(PIN);//instrucción q pone en 1 el pin seleccionado (PIN_D1 o PIN D2 o ....)
    //para q este permita q el f692 mande la información serial y haga la siguiente operación
    switch (NFC)//función para seleccionar el número d la fotocélula
    {
        case 1:
            fgets(Lec_FC,1);//lee por puerto serial A0 y lo guarda en la variable lec_fc
            break;
        case 2:
            fgets(Lec_FC,2);
            break;
        case 3:
            fgets(Lec_FC,3);
            break;
        case 4:
            fgets(Lec_FC,4);
            break;
        case 5:
```

## ANEXO N° 12

### [Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
fgets(Lec_FC,5);//lee por puerto serial A5 y lo guarda en la variable lec_fc
    break;
case 6:
    fgets(Lec_FC,6);
    break;
case 7:
    fgets(Lec_FC,7);
    break;
case 8:
    fgets(Lec_FC,8);
    break;
}
output_low(PIN);
n_pulsos=0.01*porce*atol(Lec_FC);//codifica el valor del conteo registrado en lec_fc a un numero
//y guarda en n_pulsos
act_variables();
Error=100.0*(imp/elementos-n_pulsos)/n_pulsos;
lcd_gotoxy(x,y); //ir a posicion de partida del conteo en la lcd
if(Error > 99.99) printf(lcd_putc,">+99.9");//
//if(Error <-99.99) printf(lcd_putc,"<-99.9");
    else if (Error < 0) printf(lcd_putc,"%05.1g",Error);
        else printf(lcd_putc,"+%04.1g",Error);
}
Boolean press(char *caracter, int *numero)//función booleana de variables con * porque son
apuntadores
//estos permiten registrar en una misma dirección datos q pueden ser modificados
{
    int tecla;// variable entero de 8 bit tecla q registra el valor de la tecla pisada
    boolean es_num=false;//variable booleana "es_num" inicialmente false
    *caracter=*numero=0;//inicialmente ambos valen cero
    if(input(PIN_B3)==1)//si pin3=1 se presiono una tecla entonces
    {
        output_low(PIN_E2);//poner en cero e2 para q habilite los 4 datos
        tecla=input_b()&0xf0;//tecla igual a los últimos 4 pines del puerto B obedecen a la salida del
mm74c922
        //multiplica valor por f0 para tener solo 4 dígitos
        output_high(PIN_E2);//DESABILITA
        while(input(PIN_B3)==1);//espera allí hasta q pin3=1(se presione una tecla)
        switch(tecla)//
        {
            case 0x00://porq coloca los num en hexa
                *caracter='7';
                *numero=7;
                es_num=true;//cambia el valor a true solo cuando presiona un número
                break;
            case 0x10:
                *caracter='8';
                *numero=8;
```

## ANEXO N° 12

[Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
es_num=true;
    break;
case 0x20:
    *caracter='9';
    *numero=9;
    es_num=true;
    break;
case 0x30:
    *caracter='V';//se mantiene en falso cuando se presiona distinto de número
    break;
case 0x40:
    *caracter='4';
    *numero=4;
    es_num=true;
    break;
case 0x50:
    *caracter='5';
    *numero=5;
    es_num=true;
    break;
case 0x60:
    *caracter='6';
    *numero=6;
    es_num=true;
    break;
case 0x70:
    *caracter='A';
    break;
case 0x80:
    *caracter='1';
    *numero=1;
    es_num=true;
    break;
case 0x90:
    *caracter='2';
    *numero=2;
    es_num=true;
    break;
case 0xA0:
    *caracter='3';
    *numero=3;
    es_num=true;
    break;
case 0xB0:
    *caracter='C';
    break;
case 0xC0:
    *caracter='*';
```

## ANEXO N° 12

[Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
break;
    case 0xD0:
        *character='0';
        es_num=true;
        break;
    case 0xE0:
        *character='%';
        break;
    case 0xF0:
        *character='E';
        break;
    }
}
return es_num;
}
void tecla_especial(int i,long int *variable,Boolean es_constante)
{
    int num,car,aux;
    long int var;
    Boolean es_num,ajuste=FALSE;
    aux=i;
    do
    {
        es_num=press(&car,&num);//true solo cuando presiona un número, si es letra no
    }
    while(car==0);
    if(car!='E')
    {
        var=0;
        while(i>0)//espera q i>0.. si i=0 es porque no se presionó un número entonces
        {
            if(car!=0 && es_num==TRUE) // si se presiono una tecla y fue un número
            {
                if( i==aux && num!=0) ajuste=TRUE; //si i!=0 y se presiona un número
                printf(lcd_putc,"%d",num);
                var+=pow(10,i-1)*num;// variable ahora será su valor + el número*10^(i-1)
                i--; // decrementa i
            }
            es_num=press(&car,&num);
        }
    }
    do
    {
        press(&car,&num);
    }while(car!='E');
    if(var >= 99&&var<=999||var>=10000) *variable=var+1;
    else *variable=var;
}
if(es_constante)
```

## ANEXO N° 12

### [Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
{
  act_variables();
  printf(lcd_putc,"\n                t: %05.2g s",tiempo);
  lcd_gotoxy(32,2);
  act_variables();
  printf(lcd_putc,"\nIMPULSOS: %05Lu REV/KWH",imp);
  lcd_gotoxy(10,2);
  do
  {
    press(&car,&num);
  }while(car!='E');//espera mientras no se pise E, si se pisa E entonces
}
printf(lcd_putc,"\f F1:   F2:   F3:   F4:\n F5:   F6:   F7:   F8:");
}
void main();//funcion principal q no espera retorno
{
  int num;
  char car;
  output_high(PIN_E2);// deshabilita
  input_c();// puerto c se va usar como entrada
  output_d(0x00);// puerto d se va usar como salida con todos los pines en cero
  lcd_init();//inicializo la lcd
  /// printf(lcd_putc," E D C Centro de Servicio Chacao \n Taller de Medidores");
  printf(lcd_putc,"\f F1:   F2:   F3:   F4:\n F5:   F6:   F7:   F8:");
  while(TRUE)//muestra en ciclo infinito en la pantalla esto
  {
    press(&car,&num);
    if(car!=0)//si se presiona una tecla DA pone en uno a B3
    {
      if(car=='V')//SI PRESIONO TECLA "0x30"
      {
        printf(lcd_putc,"\fVALOR DE VOLTAJE: %03Lu V",voltaje);
        lcd_gotoxy(19,1);
        tecla_especial(3,&voltaje,TRUE);
      }
      if(car=='A')//SI PRESIONO TECLA "0x30"
      {
        printf(lcd_putc,"\fVALOR DE CORRIENTE: %02Lu A",amper);
        lcd_gotoxy(21,1);
        tecla_especial(2,&amper,TRUE);
      }
      if(car=='C')//SI PRESIONO TECLA "0xB0"
      {
        printf(lcd_putc,"\fCONSTANTE DEL CONTADOR: %05Lu REV/KWH:",ctte);
        lcd_gotoxy(25,1);
        tecla_especial(5,&ctte,TRUE);
      }
      if(car=='%')//SI PRESIONO TECLA "0xE0"
      {

```

## ANEXO N° 12

### [Rutina de Programación del PIC16F877A]

```
printf(lcd_putc, "\fPORCENTAJE: %03Lu", porce);
    lcd_gotoxy(13,1);
    tecla_especial(3,&porce,TRUE);
}
if(car=='*')//SI PRESIONO TECLA "0xE0"
{
    printf(lcd_putc, "\fDIVISION DE CONSTANTE DEL CONTADOR: %02Lu
",divide);
    lcd_gotoxy(37,1);
    tecla_especial(2,&divide,TRUE);
}
if(car=='0')//SI PRESIONO TECLA "0"
{
    printf(lcd_putc, "\fNUMERO DE ELEMENTOS: %01Lu ",elementos);
    lcd_gotoxy(22,1);
    tecla_especial(1,&elementos,TRUE);
}
}
if(input(PIN_C0)==1) lcd_print(5,1,1,PIN_D0);//si pin C0=1 muestra la información
serial de D0
if(input(PIN_C1)==1) lcd_print(15,1,2,PIN_D1);
if(input(PIN_C2)==1) lcd_print(25,1,3,PIN_D2);
if(input(PIN_C3)==1) lcd_print(35,1,4,PIN_D3);
if(input(PIN_C4)==1) lcd_print(5,2,5,PIN_D4);//si pin C0=1 muestra la información
serial de D0
if(input(PIN_C5)==1) lcd_print(15,2,6,PIN_D5);
if(input(PIN_C6)==1) lcd_print(25,2,7,PIN_D6);
if(input(PIN_C7)==1) lcd_print(35,2,8,PIN_D7);
}
}
```