

166
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE UN LABORATORIO DE PRUEBAS A BALASTROS

T E S I S
Que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a
MANUEL JESUS ZAPATA LOPEZ



Director de Tesis: Ing. Eugenio Almanza Castro

México, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo a la memoria de mi padre, y a mi madre y hermanos, quienes han sido el mayor estímulo a lo largo de mi carrera.

Quiero expresar mi gratitud a todas las personas que incondicionalmente me apoyaron durante mi carrera.

No desearía que quedara algún nombre sin mencionar pero siento que debo agradecer mucho a la familia Zapata Ortega, Parchmont Zapata y Curioca López, quienes fueron los que estuvieron de manera más cercana, brindándome su apoyo y paciencia durante este tiempo.

Merece un agradecimiento especial el C. P. José Luis Villa O., Director General y dueño de la empresa Villa Industrias, S. A. de C. V., quien fue un apoyo fundamental para llevar a cabo este trabajo, básicamente en información, recursos, experiencia y estímulo personal.

ÍNDICE

Introducción.

- 1 Iluminación con lámparas de DAI.
 - 1.1 Generación de luz de descarga de alta intensidad.
 - 1.2 Diferencia entre lámparas.
 - 1.2.1 Lámparas de VSAP.
 - 1.2.2 Lámparas de AM.
 - 1.2.3 Lámparas de VM.
 - 1.3 Operación de lámparas.
 - 1.3.1 Lámparas de VSAP.
 - 1.3.1.1 Encendido y calentamiento.
 - 1.3.1.2 Eficacia.
 - 1.3.1.3 Potencia.
 - 1.3.1.4 Posición de operación.
 - 1.3.1.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.
 - 1.3.1.6 Mantenimiento de luz.
 - 1.3.1.7 Vida de la lámpara.
 - 1.3.1.8 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.
 - 1.3.2 Lámparas de AM.
 - 1.3.2.1 Encendido y calentamiento.
 - 1.3.2.2 Eficacia.
 - 1.3.2.3 Potencia.
 - 1.3.2.4 Posición de operación
 - 1.3.2.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.

- 1.3.2.6 Restricciones de montaje.
- 1.3.2.7 Riesgo de rayos UV.
- 1.3.2.8 Mantenimiento de luz.
- 1.3.2.9 Vida de la lámpara.
- 1.3.2.10 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.
- 1.3.3 Lámparas de VM.
 - 1.3.3.1 Encendido y calentamiento.
 - 1.3.3.2 Eficacia.
 - 1.3.3.3 Potencia.
 - 1.3.3.4 Posición de operación.
 - 1.3.3.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.
 - 1.3.3.6 Riesgo de rayos UV.
 - 1.3.3.7 Mantenimiento de luz.
 - 1.3.3.8 Vida de la lámpara.
 - 1.3.3.9 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.
- 1.4 Balastos.
 - 1.4.1 Tipos de balastos.
 - 1.4.1.1 Reactor (R).
 - 1.4.1.2 Autotransformador de Alta Reactancia (AAR).
 - 1.4.1.3 Autotransformador de Potencia Constante (APC).
 - 1.4.1.4 Transformador de Potencia Constante (TPC).
 - 1.4.1.5 Transformador Regulado en Atraso (TRA).
 - 1.4.2 Balastos regulados electrónicamente.
 - 1.4.2.1 Controlador serie.
 - 1.4.2.2 Balastro tipo APC controlado electrónicamente.
 - 1.4.2.3 Balastos electrónicos.
 - 1.4.3 Características de regulación de potencia de las lámparas de VM y AM.
 - 1.4.4 Límites de tensión y potencia de las lámparas de VSAP.
 - 1.4.5 Compatibilidad del conjunto lámpara-balastro.

- 1.4.6 Ignitores.
 - 1.4.7 Protecciones.
 - 1.4.8 Dimeo.
 - 1.4.9 Factor de cresta.
 - 1.4.10 Factor de potencia.
 - 1.4.11 Operación de c. d.
 - 1.4.12 Operación con alta frecuencia.
 - 1.4.13 Radiointerferencia.
- 2 Iluminación con lámparas fluorescentes.**
- 2.1 Generación de luz fluorescente.
 - 2.2 Operación de lámparas.
 - 2.2.1 Lámparas de encendido precalentado.
 - 2.2.2 Lámparas de encendido instantáneo.
 - 2.2.2.1 Balastro tipo Adelantado-Atrasado.
 - 2.2.2.2 Balastro tipo Secuencia Serie.
 - 2.2.3 Lámparas de encendido rápido.
 - 2.3 Balastos.
 - 2.3.1 Balastos electromagnéticos.
 - 2.3.2 Balastos electrónicos.
 - 2.3.3 Balastos híbridos.
 - 2.4 Efecto de la tensión de línea.
 - 2.5 Factor de potencia.
 - 2.5.1 Ventajas de los balastos de alto factor de potencia.
 - 2.6 Sonido del balastro.
 - 2.7 Tensión y frecuencia de alimentación.
 - 2.8 Radiointerferencia.
 - 2.9 Ventilación.
 - 2.10 Operación en clima frío.

- 3 Pruebas a balastos para lámparas de DAL.
 - 3.1 Pruebas de características eléctricas.
 - 3.1.1 Circuito de alimentación.
 - 3.1.1.1 Condiciones de encendido.
 - 3.1.1.2 Condiciones de operación.
 - 3.1.2 Circuito de salida (lámpara).
 - 3.1.2.1 Condiciones de encendido.
 - 3.1.2.2 Condiciones de operación.
 - 3.1.3 Mediciones de encendido y parámetros de sostenimiento de carga pico.
 - 3.1.3.1 Equipo necesario.
 - 3.1.3.2 Mediciones de la pendiente y tiempo de desconexión de la onda de corriente.
 - 3.1.3.3 Medición de sobrepaso de corriente.
 - 3.1.3.4 Medición de la tensión de sostenimiento.
 - 3.1.4 Medición de los parámetros del pulso de encendido para balastos de VSAP.
 - 3.1.4.1 Medición de la amplitud del pulso.
 - 3.1.4.2 Medición del ancho del pulso.
 - 3.1.4.3 Medición del rango de repeticiones.
 - 3.1.4.4 Medición de la posición.
 - 3.1.5 Límites de operación de la lámpara.
 - 3.1.6 Regulación.
 - 3.1.7 Tensión de extinción.
 - 3.1.7.1 Método preferido.
 - 3.1.7.2 Método alternativo (sin lámpara de referencia disponible).
 - 3.1.8 Factor de cresta.
 - 3.1.9 Pérdidas.
 - 3.1.10 Factor de potencia.
 - 3.2 Pruebas de seguridad.
 - 3.2.1 Protección contra choque eléctrico.

3.2.1.1 Corriente de fuga.

3.2.1.2 Riesgo de capacitores cargados.

3.2.2 Elevación de temperatura.

3.2.2.1 Condiciones para la prueba.

3.2.2.1.1 Condiciones eléctricas.

3.2.2.1.2 Condiciones ambientales.

3.2.2.1.3 Condiciones mecánicas.

3.2.2.2 Métodos para la determinación de la temperatura.

3.2.2.2.1 Método de resistencia.

3.2.2.2.2 Método de termopar.

3.2.3 Potencial aplicado.

3.2.3.1 Balastros para servicio interior.

3.2.3.2 Balastros para servicio a la intemperie.

3.2.4 Resistencia de aislamiento.

3.2.5 Nivel Básico de aislamiento al Impulso (NBI).

3.2.5.1 Balastros tipo reactor, bajo factor de potencia.

3.2.5.2 Balastros tipo reactor, alto factor de potencia.

3.2.5.3 Balastros tipo autotransformador, bajo factor de potencia.

3.2.5.4 Balastros tipo autotransformador, alto factor de potencia.

3.2.5.5 Balastros tipo autotransformador en adelante.

3.2.5.6 Capacitores utilizados en la entrada del balastro.

3.2.5.7 Balastros tipo transformador.

3.2.6 Prueba de sobrecalentamiento (burnout).

4 Pruebas a balastros para lámparas fluorescentes.

4.1 Pruebas de características eléctricas.

4.1.1 Tensión de circuito abierto.

4.1.2 Corriente de arranque.

4.1.3 Corriente de precalentamiento de cátodos.

4.1.4 Características de salida.

- 4.1.4.1 Balastos tipo de arranque con dispositivo arrancador y de arranque instantáneo.
 - 4.1.4.2 Balastos tipo de arranque rápido.
 - 4.1.5 Regulación.
 - 4.1.6 Corriente de lámpara.
 - 4.1.7 Factor de cresta.
 - 4.1.8 Calentamiento suplementario de cátodos.
 - 4.1.8.1 Balastos tipo de arranque con dispositivo arrancador.
 - 4.1.8.2 Balastos tipo de arranque rápido.
 - 4.2 Pruebas de seguridad.
 - 4.2.1 Protección contra choque eléctrico.
 - 4.2.1.1 Riesgo de descarga eléctrica (choque eléctrico).
 - 4.2.1.2 Corriente de fuga.
 - 4.2.1.3 Riesgo de capacitores cargados.
 - 4.2.2 Elevación de temperatura.
 - 4.2.2.1 Condiciones para la prueba.
 - 4.2.2.1.1 Condiciones eléctricas.
 - 4.2.2.1.2 Condiciones ambientales.
 - 4.2.2.1.3 Condiciones mecánicas.
 - 4.2.2.2 Métodos para la determinación de temperatura.
 - 4.2.2.2.1 Método de resistencia.
 - 4.2.2.2.2 Método de tempoar.
 - 4.2.2.3 Elevación de temperatura normal.
 - 4.2.2.4 Elevación de temperatura anormal.
 - 4.2.3 Potencial aplicado.
 - 4.2.3.1 Balastos electromagnéticos e híbridos.
 - 4.2.3.2 Balastos electrónicos.
 - 4.2.4 Resistencia de aislamiento.
 - 4.2.5 Protección térmica.

- 5 Acreditamiento de las pruebas de laboratorio.**
- 5.1 Acreditamiento de laboratorios de pruebas.**
- 5.2 SINALP.**
 - 5.2.1 Organización y funcionamiento del SINALP.**
 - 5.2.2 Proceso de acreditamiento.**
- 5.3 Criterios generales para el funcionamiento del laboratorio.**
 - 5.3.1 Factor de organización.**
 - 5.3.1.1 Definición del campo del laboratorio y políticas generales.**
 - 5.3.1.2 Organigrama funcional.**
 - 5.3.1.3 Definición de puestos.**
 - 5.3.1.4 Lista de personal.**
 - 5.3.1.5 Procedimientos de control.**
 - 5.3.2 Factor de recursos humanos.**
 - 5.3.2.1 Currícula del personal.**
 - 5.3.2.2 Cursos de capacitación, actualización, etc.**
 - 5.3.3 Factor de recursos técnicos.**
 - 5.3.3.1 Inventario de equipo.**
 - 5.3.3.2 Control de equipo.**
 - 5.3.4 Factor de condiciones de instalación y ambiente.**
 - 5.3.4.1 Seguridad.**
 - 5.3.4.2 Ambiente.**
 - 5.3.5 Factor de operación.**
 - 5.3.5.1 Recepción de especímenes de prueba.**
 - 5.3.5.2 Programación y desarrollo de actividades.**
 - 5.3.5.3 Verificación de resultados.**
 - 5.3.5.4 Informe de resultados.**
 - 5.3.6 Factor de información técnica y archivo.**
 - 5.3.6.1 Normas.**
 - 5.3.6.2 Archivo de trabajos desarrollados.**
- 5.4 Normalización aplicable para pruebas de balastos de DAI.**

- 5.4.1 Pruebas de características eléctricas.
- 5.4.2 Pruebas de seguridad.
- 5.5 Normalización aplicable para pruebas de balastos fluorescentes.
 - 5.5.1 Pruebas de características eléctricas.
 - 5.5.2 Pruebas de seguridad.
- 6 Acondicionamiento de pruebas a balastos en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica.
 - 6.1 Condiciones de instalación y ambiente.
 - 6.2 Equipo de medición.
 - 6.3 Equipo auxiliar construido.
 - 6.4 Pruebas a realizar.
 - 6.5 Pruebas experimentales.

Conclusiones.

Bibliografía.

INTRODUCCIÓN

En nuestros días la iluminación ha tomado una importancia significativa, debido principalmente al descubrimiento de nuevas fuentes de luz, con características tales que permiten muchas ventajas en cuanto a intensidad de luz, ahorro de energía, rendimiento de color, etc., según el tipo de que se trate.

La gran mayoría de éstas son lámparas de descarga de alta intensidad (DAI), refiriéndose este término a un dispositivo de descarga de arco con una gran densidad de potencia en la producción de luz. Este tipo de lámparas tiene su mayor aplicación en iluminación exterior, dada básicamente su alta eficacia, bajo mantenimiento y larga duración de vida.

Otro tipo de lámpara que se ha mantenido para la iluminación (básicamente de interiores) es la fluorescente, dado que conserva muy buenas características de color, eficacia, etc., dependiendo de su aplicación. Este tipo de lámpara también basa su funcionamiento en una descarga en gas, aunque en este caso la descarga es de baja densidad de potencia en la producción de luz.

Todas las lámparas que funcionan por medio de una descarga de arco en gas requieren la utilización de un dispositivo complementario denominado balastro, el cual cumple con las funciones de encendido, operación y control de las mismas durante su ciclo de vida.

Como se verá posteriormente, el balastro para este tipo de lámparas es de vital importancia para su funcionamiento. Es por ello que considero de gran importancia la difusión de los conceptos entorno a este campo de la iluminación, lo cual pretende ser el principio que fomenta el interés de las personas para desarrollarse en este ámbito.

Este trabajo está enfocado a contar con las herramientas necesarias para la construcción y acreditamiento oficial de un laboratorio de pruebas a balastos para lámparas de DAI y fluorescentes.

Este consta de la información básica de los diferentes tipos de lámparas, tipos de balastos, todas las pruebas que se realizan actualmente, las opciones de normalización de pruebas en cuanto al acreditamiento del laboratorio, y en fin todo lo relacionado a las pruebas de este tipo de balastos; que aún cuando algunos conceptos se tratan de manera general, se cuenta con los elementos necesarios para poder llevar a cabo el acreditamiento de un laboratorio de este tipo.

CAPÍTULO 1

Iluminación con lámparas de DAI.

El término de Descarga de Alta Intensidad (DAI) se refiere al dispositivo de descarga de arco que produce luz, con una gran densidad de potencia (mayor de 3 watts/cm²). Esta incluye las siguientes familias:

- Vapor de sodio de alta presión (VSAP).
- aditivos metálicos (AM).
- vapor de mercurio (VM).

Las lámparas de DAI generalmente se utilizan para iluminación de exteriores, teniendo una larga vida y alta eficacia¹.

Las lámparas de vapor de sodio de baja presión (VSBP) tienen una densidad de potencia muy baja, por lo cual no se clasifican como fuentes de DAI.

1.1 Generación de luz de descarga de alta intensidad.

En las lámparas de DAI, la luz se produce al paso de corriente a través de un vapor a una presión relativamente alta, en contraste con las presiones extremadamente bajas de operación de las lámparas fluorescentes y de VSBP. La presión en el tubo de arco es del orden de una a cinco atmósferas como máximo durante la operación de la lámpara.

1.2 Diferencia entre lámparas.

¹ Eficacia se refiere a la eficiencia en la cual la lámpara produce luz, expresada en términos de lúmenes emitidos por watts de potencia real consumida.

1.2.1 Lámparas de VSAP.

En las lámparas de VSAP, la descarga de arco pasa a través de vapores combinados de sodio y mercurio, con la radiación de sodio dominando la apariencia de color de la luz producida, la cual es característicamente blanco oro conteniendo una energía mínima de salida de rayos ultravioleta (UV). Los avances en la tecnología han dado como resultado un producto denominado "sodio blanco", el cual produce luz con propiedades de apariencia y rendimiento de color mejorados. La calidad de luz del "sodio blanco" se aproxima mucho a la de las lámparas incandescentes.

1.2.2 Lámparas de AM.

En las lámparas de AM la luz se produce por una descarga eléctrica a través de vapores combinados de mercurio y otros metales, los cuales se introducen en un tubo de arco como compuestos de yodo. Estos compuestos tienen el efecto de incrementar la luz en las bandas del espectro visual azul, verde y amarillo-rojo, teniendo como resultado la apariencia de color muy cercano al blanco puro. A la luz visible también se le suma la energía de los rayos UV producida en el arco, por ello se utilizan bulbos con recubrimiento fosfórico para mejorar las características de color. Estas lámparas tienen buenas propiedades de rendimiento de color.

1.2.3 Lámparas de VM.

En las lámparas de VM la luz se produce por una descarga eléctrica a través de vapor de mercurio. La luz producida es blanco brillante, con frecuencia con un tono azul verdoso. El color se mejora con una capa de fósforo recubriendo el bulbo exterior, el cual hace que la energía UV se haga visible y realce la apariencia de la luz producida por la descarga de arco.

1.3 Operación de lámparas.

1.3.1 Lámparas de VSAP.

Las lámparas de VSAP requieren circuitos apropiados y equipo auxiliar, diseñados para cada potencia en particular.

1.3.1.1 Encendido y calentamiento.

El proceso desde que enciende la lámpara hasta que calienta y estabiliza es el siguiente:

1. Cuando se conecta la lámpara al balastro apropiado y se enciende, se aplica un pulso de alta tensión a la lámpara, iniciando una descarga eléctrica entre los electrodos. Tan pronto como exista la ionización de las moléculas del gas, se suministra una corriente por medio del balastro para iniciar un arco continuo en la lámpara. Si es necesario, el pulso de encendido se repetirá durante cada medio ciclo hasta que se establezca el arco, momento en el cual el pulso dejará de producirse.
2. El arco inicial se da a través de gas Xenón y produce una pequeña cantidad de luz azul-blanco.
3. El calentamiento del arco de Xenón produce que se vaporicen rápidamente el sodio y el mercurio.
4. Cuando los metales se vaporizan, la lámpara va tomando su color blanco oro, incrementándose hasta sus valores de operación en estabilización, tanto la luz de salida como la tensión de lámpara. La mayoría de las lámparas de VSAP toman un tiempo de 4 a 6 minutos para este proceso.

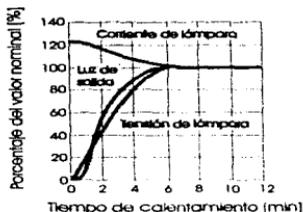


Fig. 1.1 Características de calentamiento de lámparas de VSAP.

1.3.1.2 Eficacia.

La cantidad de lúmenes que arrojan las lámparas de VSAP dependen del tipo y potencia de cada una de ellas operando en su posición estándar y tomando como base un reactor patrón como balastro. En la tabla 1.1 se compara las eficiencias de las lámparas de VSAP contra otras fuentes de luz.

Eficacia de Lámparas de VSAP		
	Rango de potencia de lámpara	Eficacia inicial [lm/W]
Estándar	35-1000	60-140
Sodio blanco	35-100	40-47
Eficacia de otras fuentes de luz		
	Rango de potencia de lámpara	Eficacia inicial [lm/W]
Fluorescente	15-215	55-100
Incandescente	6-1500	4-20
Tungsteno-halógeno	50-1500	18-22
Aditivos metálicos	70-1500	80-125
Vapor de mercurio	40-1000	32-63
Vapor de sodio de baja presión	18-180	> 200

Tabla 1.1 Comparación de las lámparas de VSAP contra otras fuentes de luz.

NOTA: En la eficacia no se consideran las pérdidas del balastro (no se necesita balastro para las lámparas incandescentes y de tungsteno-halógeno).

La eficacia sólo refleja la potencia consumida por la lámpara y no incluye las pérdidas de potencia del balastro. Esto es debido a que las pérdidas del balastro varían de uno a otro, dependiendo del diseño del fabricante. En México, a partir del 10 de Octubre de 1994, se debe cumplir que las pérdidas en balastros destinados al uso en alumbrado público son las denotadas en la tabla 1.2, de acuerdo con la Norma oficial mexicana NOM-001-SIEMP-1994.

Potencia nominal de lámpara [W]	pérdidas máximas [%]	Pérdidas máximas [W]	Potencia total del conjunto [W]
70	28.5	20	90
100	25	25	125
150	16	24	174
200	16	32	232
250	16	40	290
310	16	49.6	359.6
400	16	64	464

Tabla 1.2 Pérdidas de potencia para balastros utilizados en alumbrado público.

1.3.1.3 Potencia.

La potencia a la cual opera la lámpara varía de su rango nominal dependiendo del balastro, la fuente de tensión, la tensión de lámpara y el diseño del montaje. Cuando se planea la instalación, es importante tomar en cuenta estas variables dado que los lúmenes de lámpara varían con la potencia a la cual ella opera.

1.3.1.4 Posición de operación.

Las lámparas de VSAP producen la misma salida de lúmenes sin tomar en cuenta su posición. La posición no tiene efecto alguno sobre las características de operación de la lámpara.

1.3.1.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.

Con un balastro apropiado, las lámparas de VSAP encenderán a temperaturas ambiente de -40 °F y menores. Las lámparas se diseñan de tal manera que se establezca el arco y se calienten hasta su potencia nominal a cualquier temperatura.

1.3.1.6 Mantenimiento de luz.

La reducción de la cantidad de luz emitida por cualquier sistema de iluminación de DAI en el tiempo ocurre por un número de razones, lo cual se denomina factor de pérdidas de luz (FPL). Este incluye los lúmenes de la lámpara (mantenimiento de lúmenes), depreciación por suciedad del luminario (efecto de la suciedad acumulada en el montaje), deterioro de superficies del luminario, suciedad en las paredes, desarrollo del equipo auxiliar y la fuente de tensión. La temperatura ambiente generalmente no afecta la emisión de luz.

Las curvas de mantenimiento de lúmenes reflejan el promedio de lúmenes que mantienen las lámparas de DAI de cualquier tipo de que se trate, cuando operan a su potencia nominal.

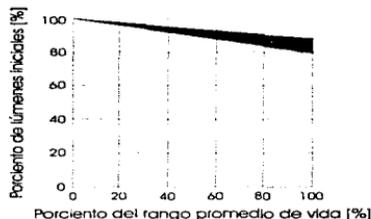


Fig. 1.2 Mantenimiento de lúmenes aproximado de lámparas de VSAP:

1.3.1.7 Vida de la lámpara.

El rango promedio de vida es la vida obtenida de **grandes grupos representativos de lámparas** en pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas a 10 o más horas de uso por encendido. El rango de vida de las lámparas de VSAP se basa en la supervivencia de al menos dos tercios de las lámparas probadas. Entre los factores que afectan el tiempo de supervivencia se encuentran:

- Potencia de operación de la lámpara,
- temperatura de operación de la lámpara,
- características del balastro,
- fuente de alimentación,
- horas de operación por encendido.

Dependiendo del tipo de lámpara, la mayoría tienen un rango de 24,000 + horas. El fin de vida normal ocurre cuando la lámpara comienza a prenderse y apagarse cíclicamente. Este encendido y apagado ocurre cuando la tensión de la lámpara se ha incrementado al punto en que la tensión suministrada por el balastro no es suficiente para mantener encendida la

lámpara. Encendidos muy frecuentes y potencias mayores de operación causarán que la tensión se incremente rápidamente.

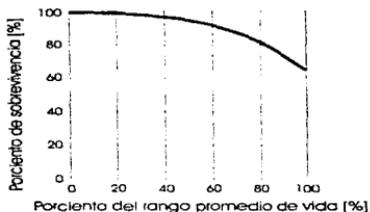


Fig. 1.3 Curva de sobrevivencia aproximada de lámparas de VSAP.

1.3.1.8 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.

El arco de las lámparas se extingue —a una velocidad imperceptible para el ojo humano— cada medio ciclo cuando la corriente invierte su dirección. El reencendido del arco requiere un voltaje adecuado y suficiente del balastro. La falla del arco a reencender será el resultado de una lámpara fuera de tiempo.

En el caso de una lámpara fuera de tiempo, el tubo de arco debe enfriarse lo suficiente para reducir la presión del vapor a un punto en el cual el arco pueda reencender. Las lámparas de VSAP generalmente tienen un tiempo de reencendido de un minuto. Una lámpara puede estar fuera de tiempo si:

- Hay una interrupción del suministro de energía de una duración mayor de un ciclo de la fuente de tensión. Se recomienda el uso de lámparas de reencendido instantáneo cuando este es un problema recurrente.

- Hay una caída severa de tensión que dure un ciclo o más. Cuando esto ocurra, se recomienda el aislamiento del circuito de iluminación.
- La tensión de sostenimiento del balastro es insuficiente para reencender la lámpara. El uso de balastros que cumplan con los estándares ANSI² usualmente aseguran una tensión de sostenimiento adecuada.

Mientras más tiempo tenga una lámpara, es más susceptible a estar fuera de tiempo.

1.3.2 Lámparas de AM.

Las lámparas de AM requieren circuitos apropiados y equipo auxiliar, diseñados para cada potencia en particular.

1.3.2.1 Encendido y calentamiento.

La mayoría de las lámparas de AM están equipadas con un electrodo de encendido para permitir el encendido de la lámpara con la tensión de circuito abierto. Estas lámparas, conectadas al balastro apropiado, encienden y se calientan hasta su valor nominal tomando la siguiente secuencia:

1. Cuando se enciende la fuente de alimentación, se energiza el balastro y se aplica la tensión de encendido del mismo hacia la base de la lámpara.
2. Esto establece un campo eléctrico entre el electrodo principal que se encuentra al final de la base, y un electrodo de encendido que se encuentra cercano al anterior.

² ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional de Estándares Americanos).

3. Como resultado, hay una emisión de electrones, lo cual provoca la ionización del argón en el tubo de arco.
4. La ionización permite que se establezca el arqueo entre los electrodos principales localizados a cada lado del tubo de arco, teniendo como resultado una descarga azulada y opaca.
5. El calor debido al arco provoca que el mercurio, y subsecuentemente los otros metales, se vaporicen, causando un cambio gradual de color hasta que se alcanza la salida total de luz, momento en el cual la luz toma su característica apariencia de blanco puro.

Cuando enciende una lámpara de AM, la luz de salida es aproximadamente de 3 a 5 % de la intensidad total y la tensión de la misma es de 15 a 30 V. A medida de que se incrementa la presión en el tubo de arco, la intensidad de luz y la tensión aumentan hasta los valores de estabilización, tomando por lo regular de 2 a 6 minutos.

6. La energía del tubo de arco calienta un interruptor bimetalico en el circuito del electrodo de encendido, el cual abre después de 2 a 4 minutos. Esto previene la electrólisis y la ruptura del sello de molibdeno.

Algunas lámparas de AM de baja potencia no tienen electrodo de encendido y utilizan un pulso de encendido similar al que usan las lámparas de VSAP. Cuando se enciende la alimentación en este tipo de lámparas, se aplica un pulso de alta tensión entre los electrodos iniciando la descarga. Tan pronto como se ionizan las moléculas del gas, se suministra una corriente regulada por el balastro, teniendo un arco continuo en la lámpara. Si es necesario, el pulso se repetirá cada medio ciclo hasta que se forme el arco, momento en el cual el pulso se desactiva.

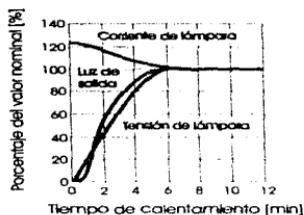


Fig. 1.4 Características de calentamiento de lámparas de AM.

1.3.2.2 Eficacia.

El rango de lúmenes de lámpara está basado en el promedio de grandes grupos de lámparas operando a su potencia nominal, en la posición de operación especificada, y con su reactor patrón. En la tabla 1.3 se compara las eficacias de las lámparas de AM contra otras fuentes de luz.

Eficacia de lámparas de AM		
	Rango de potencia de lámpara	Eficiencia inicial [lm/W]
Aditivos metálicos	70-1500	80-125
Eficacia de otras fuentes de luz:		
	Rango de potencia de lámpara	Eficiencia inicial [lm/W]
Fluorescente	15-215	55-100
Incandescente	6-1500	4-20
Tungsteno-halógeno	50-1500	18-22
Vapor de sodio de alta presión	35-1000	40-140
Vapor de mercurio	40-1000	32-63
Vapor de sodio de baja presión	18-180	> 200

Tabla 1.3 Comparación de las lámparas de AM contra otras fuentes de luz.

NOTA: En la eficacia no se consideran las pérdidas del balastro (no se necesita balastro para las lámparas incandescentes y de tungsteno-halógeno).

La eficacia sólo refleja la potencia consumida por la lámpara y no incluye las pérdidas de potencia del balastro, lo cual se conoce como pérdidas del balastro. Al igual que en el caso de los balastro para lámparas de VSAP, los balastros de AM que se utilicen en alumbrado público deben cumplir con los valores especificados en la tabla 1.2 mostrada anteriormente.

1.3.2.3 Potencia.

La potencia a la cual opera la lámpara varía de su rango nominal dependiendo del balastro, la fuente de tensión, la tensión de lámpara y el diseño del montaje. Cuando se planea la instalación, es importante tomar en cuenta estas variables dado que los lúmenes de lámpara varían con la potencia a la cual ella opera.

1.3.2.4 Posición de operación.

Por razones de seguridad y desenvolvimiento, las lámparas de AM deben ser operadas en la posición especificada para cada una de ellas. El rango de lúmenes para la mayoría se basa en la operación vertical. Para aquellas en las que puede no ser operadas en posición vertical, su rango de lúmenes se basa en operación horizontal.

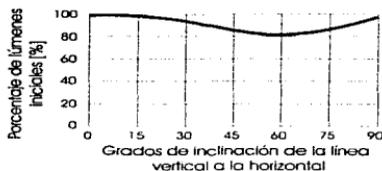


Fig. 1.5 Salida de luz contra posición de operación.

1.3.2.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.

Cuando se enfría una lámpara de AM a una cierta temperatura de laboratorio, esta requiere una tensión mayor para poder encender. En general, los balastos se diseñan para encender y operar lámparas a temperaturas abajo de -20 °F.

1.3.2.6 Restricciones de montaje.

El tubo de arco de una lámpara de AM opera bajo una gran presión, por lo cual deben tomarse algunas precauciones necesarias para tener una operación segura. Algunas lámparas se recomiendan para operarse sólo en montajes encerrados. Donde sea aplicable, se listan las precauciones de montaje sobre el empaque de la lámpara o en el catálogo del producto.

1.3.2.7 Riesgo de rayos UV.

Una parte significativa de la energía irradiada por el tubo de arco en las lámparas de AM se encuentra en la región ultravioleta. La parte dañina de esta energía normalmente se

absorbe por el bulbo exterior. Sin embargo, si el bulbo exterior se punza o rompe, se emitirá la radiación de UV, provocando un posible daño a todo lo expuesto.

1.3.2.8 Mantenimiento de luz.

Como se mencionó anteriormente, la reducción de la cantidad de luz emitida por cualquier sistema de iluminación de DAI en el tiempo ocurre por un número de razones, lo cual se denomina factor de pérdidas de luz (FPL). Este incluye los lúmenes de la lámpara (mantenimiento de lúmenes), depreciación por suciedad del luminario (efecto de la suciedad acumulada en el montaje), deterioro de superficies del luminario, suciedad en las paredes, desarrollo del equipo auxiliar y la fuente de tensión. La temperatura ambiente tiene un efecto despreciable en la emisión de luz.

Las curvas de mantenimiento de lúmenes reflejan el promedio de lúmenes que mantienen las lámparas de DAI de cualquier tipo de que se trate, cuando operan a su potencia nominal.

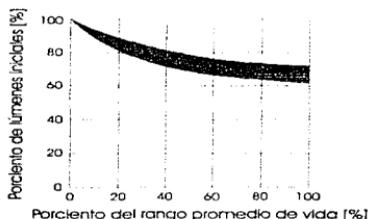


Fig. 1.6 Mantenimiento de lúmenes aproximado de lámparas de AM:

1.3.2.9 Vida de la lámpara.

El rango promedio de vida es la vida obtenida de grandes grupos representativos de lámparas en pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas a 10 o más horas de uso por encendido. El rango de vida de las lámparas de AM se basa en la sobrevivencia de al menos el 50 % de las lámparas probadas. Entre los factores que afectan el tiempo de sobrevivencia se encuentran:

- Potencia de operación de la lámpara,
- temperatura de operación de la lámpara,
- características del balastro,
- fuente de alimentación,
- horas de operación por encendido.

Por razones de seguridad se sugiere fuertemente que no se operen las lámparas de AM más allá de su periodo de vida. Estas lámparas tienen un rango de vida de 5,000 a 20,000 horas, dependiendo de la potencia de la lámpara. Las lámparas de AM tienen una vida generalmente más corta que cualquier otra lámpara de DAI debido a su depreciación de lúmenes más rápida y a la presencia de yodos en el tubo de arco. La falla normal es la inhabilitación del encendido debido al requerimiento de una tensión cada vez más alta.



Fig. 1.7 Curva de sobrevivencia aproximada de lámparas de AM.

1.3.2.10 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.

El arco de las lámparas se extingue —a una velocidad imperceptible para el ojo humano— cada medio ciclo cuando la corriente invierte su dirección. El reencendido del arco requiere un voltaje adecuado y suficiente del balastro. La falla del arco a reencender será el resultado de una lámpara fuera de tiempo. Esto puede ocurrir bajo alguna de las siguientes condiciones:

- Hay una interrupción del suministro de energía de una duración mayor de un ciclo de la fuente de tensión.
- Hay una caída severa de tensión que dure un ciclo o más.
- Una tensión insuficiente del balastro en proporción a la tensión de operación de la lámpara.
La tensión de reencendido necesaria puede ser mayor de la que dispone el balastro.

La mayoría de los balastros permiten una caída de tensión de 10 a 15 % abajo del rango, sin que la lámpara se apague. Algunos tipos de balastros permiten una reducción de aproximadamente 50 % antes de que el arco se extinga.

En caso de que se tenga una lámpara fuera de tiempo, el tubo de arco debe enfriarse lo suficiente para reducir la presión del vapor a un punto en el cual el arco pueda reencender. El tiempo requerido por una lámpara de AM para reencender está fuertemente influenciado por el tipo de luminario en el que se encuentre instalado, dado que este regula el rango de enfriamiento de la lámpara. Comparado con otras lámparas de DAI, las de AM requieren un periodo más largo de enfriamiento antes de reencender —usualmente 5 a 20 minutos.

1.3.3 Lámparas de VM.

Las lámparas de VM requieren circuitos apropiados y equipo auxiliar, diseñados para cada potencia en particular.

1.3.3.1 Encendido y calentamiento.

Una lámpara de VM toma una serie de pasos en el proceso de encendido y estabilización, lo cual puede resumirse como sigue:

1. Cuando se enciende la fuente de alimentación, se energiza el balastro y se aplica la tensión de encendido del mismo hacia la base de la lámpara.
2. Esto establece un campo eléctrico entre el electrodo principal que se encuentra al final de la base, y un electrodo de encendido que se encuentra cercano al anterior.
3. Como resultado, hay una emisión de electrones, lo cual provoca la ionización del argón en el tubo de arco.
4. La ionización permite que se establezca el arqueo entre los electrodos principales localizados a cada lado del tubo de arco, teniendo como resultado una descarga azulada y difusa en bulbos claros, o rojizo brillante en los bulbos fosforados.
5. El calor debido al arco provoca que se evapore gradualmente el mercurio hasta que se alcanza su apariencia característica en la estabilización.

Cuando enciende una lámpara de VM, la luz de salida es aproximadamente de 3 a 5 % de la intensidad total y la tensión de la misma es de 25 a 30 V. A medida de que se incrementa la presión en el tubo de arco, la intensidad de luz y la tensión de la lámpara aumentan hasta los valores de estabilización, tomando usualmente de 3 a 4 minutos.

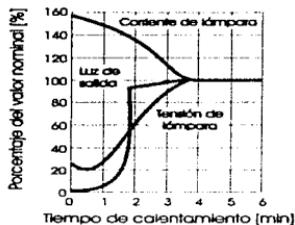


Fig. 1.8 Características de calentamiento de lámparas de VM.

1.3.3.2 Eficiencia.

El rango de lúmenes de lámpara está basado en el promedio de grandes grupos de lámparas operando a su potencia nominal, en la posición de operación especificada, y con su reactor patrón. En la tabla 1.4 se compara las eficiencias de las lámparas de VM contra otras fuentes de luz.

Eficiencia de lámparas de VM		
	Rango de potencia de lámpara	Eficiencia inicial [lm/W]
Vapor de mercurio	40-1000	32-63
Eficiencia de otras fuentes de luz		
	Rango de potencia de lámpara	Eficiencia inicial [lm/W]
Fluorescente	15-215	55-100
Incandescente	6-1500	4-20
Tungsteno-halógeno	50-1500	18-22
Vapor de sodio de alta presión	35-1000	40-140
Aditivos metálicos	70-1500	80-125
Vapor de sodio de baja presión	18-180	~ 200

Tabla 1.4 Comparación de las lámparas de VM contra otras fuentes de luz.

NOTA: En la eficacia no se consideran las pérdidas del balastro (no se necesita balastro para las lámparas incandescentes y de tungsteno-halógeno).

La eficacia sólo refleja la potencia consumida por la lámpara y no incluye las pérdidas de potencia del balastro, lo cual se conoce como pérdidas del balastro. Al igual que en el caso de los balastro para lámparas de VSAP y AM, los balastros de VM que se utilicen en alumbrado público deben cumplir con los valores especificados en la tabla 1.2 mostrada anteriormente.

1.3.3.3 Potencia.

La potencia a la cual opera la lámpara varía de su rango nominal dependiendo del balastro, la fuente de tensión, la tensión de lámpara y el diseño del montaje. Cuando se planea la instalación, es importante tomar en cuenta estas variables dado que los lúmenes de lámpara varían con la potencia a la cual ella opera.

1.3.3.4 Posición de operación.

A menos de que se indique alguna posición, las lámparas de VM están diseñadas para operarse en cualquier posición.

1.3.3.5 Efecto de la temperatura ambiente en el encendido y calentamiento.

Cuando se enfría una lámpara de VM a una cierta temperatura de laboratorio, esta requiere una tensión mayor para poder encender. En general, los balastros se diseñan para encender y operar lámparas a temperaturas abajo de -20 °F.

1.3.3.6 Riesgo de rayos UV.

Una parte significativa de la energía irradiada por el tubo de arco en las lámparas de VM se encuentra en la región ultravioleta. La parte dañina de esta energía normalmente se absorbe por el bulbo exterior. Sin embargo, si el bulbo exterior se punza o rompe, se emitirá la radiación de UV, provocando un posible daño a todo lo expuesto.

1.3.3.7 Mantenimiento de luz.

Como se mencionó anteriormente, la reducción de la cantidad de luz emitida por cualquier sistema de iluminación de DAI en el tiempo ocurre por un número de razones, lo cual se denomina factor de pérdidas de luz (FPL). Este incluye los lúmenes de la lámpara (mantenimiento de lúmenes), depreciación por suciedad del luminario (efecto de la suciedad acumulada en el montaje), deterioro de superficies del luminario, suciedad en las paredes, desarrollo del equipo auxiliar y la fuente de tensión. La temperatura ambiente no tiene efecto en la emisión de luz.

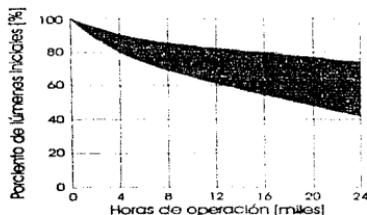


Fig. 1.9 Mantenimiento de lúmenes aproximado de lámparas de VM:

Las curvas de mantenimiento de lúmenes reflejan el promedio de lúmenes que mantienen las lámparas de DAI de cualquier tipo de que se trate, cuando operan a su potencia nominal.

1.3.3.8 Vida de la lámpara.

El rango promedio de vida es la vida obtenida de grandes grupos representativos de lámparas en pruebas de laboratorio bajo condiciones controladas a 10 o más horas de uso por encendido. El rango de vida de las lámparas de AM se basa en la sobrevivencia de al menos el 50 % de las lámparas probadas. Entre los factores que afectan el tiempo de sobrevivencia se encuentran:

- Potencia de operación de la lámpara,
- temperatura de operación de la lámpara,
- características del balastro,
- fuente de alimentación,
- horas de operación por encendido.

Estas lámparas tienen un amplio rango de vida, teniendo el promedio en 24,000 horas. La vida de la lámpara se ve ligeramente afectada por fluctuaciones de la fuente de tensión. Sin embargo, periodos largos de operación con un suministro alto o bajo, generalmente acorta la vida de la lámpara. Las lámparas de VM se ven menos afectadas por una reducción de las horas de operación por encendido comparadas con otras lámparas de DAI, y la tensión de la lámpara es muy estable durante toda su vida. La forma de falla normal es el decrecimiento significativo de la luz de salida o su inhabilitación a encender.

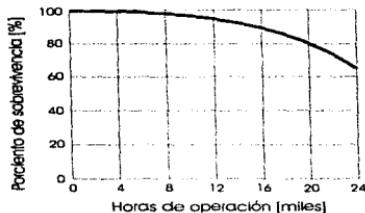


Fig. 1.10 Curva de supervivencia aproximada de lámparas de VM.

1.3.3.9 Lámparas fuera de tiempo y reencendido.

El arco de las lámparas se extingue —a una velocidad imperceptible para el ojo humano— cada medio ciclo cuando la corriente invierte su dirección. El reencendido del arco requiere un voltaje adecuado y suficiente del balastro. La falla del arco a reencender será el resultado de una lámpara fuera de tiempo.

En caso de que se tenga una lámpara fuera de tiempo, el tubo de arco debe enfriarse lo suficiente para reducir la presión del vapor a un punto en el cual el arco pueda reencender. El tiempo requerido por una lámpara de VM para reencender está fuertemente influenciado por el tipo de luminario en el que se encuentre instalado, dado que este regula el rango de enfriamiento de la lámpara. Las lámparas de VM usualmente reencienden entre 3 a 10 minutos. Una lámpara fuera de tiempo puede darse si:

- Hay una interrupción del suministro de energía de una duración mayor de un ciclo de la fuente de tensión.

- Hay una caída severa de tensión que dure un ciclo o más. Cuando esto ocurra, se recomienda el aislamiento del circuito de iluminación.
- La tensión de sostenimiento del balastro es insuficiente para reencender la lámpara.

1.4 Balastros.

En una descarga de arco es característico el tener una alta resistencia al flujo de corriente en el encendido, y esta misma resistencia cae al comenzar dicha corriente. Dado que las lámparas de DAI operan con corriente alterna, el arco se extingue al final de cada medio ciclo, y debe restablecerse en dos direcciones alternadas por ciclo. El propósito del balastro es proveer la interfase apropiada entre la lámpara y la fuente eléctrica para contar con esos requerimientos.

El balastro tiene como funciones las siguientes:

- Provee la tensión de encendido apropiada,
- regula el encendido de la lámpara y la corriente de operación,
- transforma (si es necesario) la tensión de la fuente a una tensión de circuito abierto apropiada para la lámpara, para que esta pueda encender cada medio ciclo.

1.4.1 Tipos de balastros.

La mayoría de los circuitos se incluyen en alguna de las siguientes clasificaciones:

1.4.1.1 Reactor (R).

Esta es la forma más simple de balastro, el cual puede ser usado en donde la tensión de entrada cumpla con los requerimientos de tensión de circuito abierto de la lámpara. Con este tipo de balastro, la tensión de línea debe regularse entre un $\pm 5\%$ para que la variación máxima en la potencia de la lámpara sea $\pm 12\%$. El balastro tipo reactor tiene una alta corriente de encendido, limitando esto el número de balastos que pueden conectarse en un circuito individual.

Este puede estar equipado con un capacitor para corrección de factor de potencia a un mínimo de 0.9 o mayor. Sin el capacitor, el factor de potencia es aproximadamente 0.5.

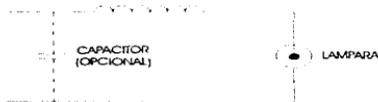


Fig. 1.11 Circuito típico de un reactor con un capacitor opcional.

Puede tener también un ignitor para proporcionar un pulso de alta tensión, utilizado en las lámparas de VSAP y AM de baja potencia. Sin ignitor, el uso del balastro tipo reactor se limita prácticamente a las lámparas de VM.

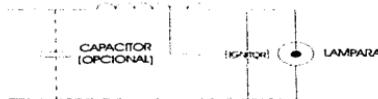


Fig. 1.12 Circuito típico de un reactor con ignitor y capacitor opcional.

1.4.1.2 Autotransformador de alta reactancia (AAR).

Quando la tensión de alimentación no cumple con los requerimientos del circuito abierto de la lámpara, puede ser utilizado un balastro tipo autotransformador de alta reactancia. La parte transformadora del balastro nos da la tensión de circuito abierto requerida. Las características de regulación de potencia, corriente de encendido y factor de potencia son similares a las del balastro tipo reactor. Asimismo, también puede tener ignitor, y un capacitor para corrección del factor de potencia.

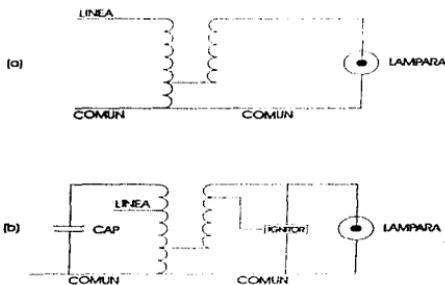


Fig. 1.13 (a) Circuito típico de un autotransformador de alta reactancia.

(b) Circuito típico de un autotransformador de alta reactancia con capacitor e ignitor.

1.4.1.3 Autotransformador de potencia constante (APC).

Este es un circuito muy popular para lámparas de DAL dado que presenta ventajas de costo y diseño. Con un balastro tipo APC, una variación en la línea de $\pm 10\%$ provocará un cambio de la potencia de la lámpara de $\pm 5\%$ para VM, y un $\pm 10\%$ para AM.

Para VSAP puede usarse una variación de este circuito, el cual contempla el uso de un ignitor.

El balastro tipo APC tiene un alto factor de potencia por su diseño, y su corriente de línea no excede la corriente de operación estabilizada, y durante el calentamiento de la lámpara; así, con frecuencia pueden utilizarse más de una lámpara en un mismo circuito.

Para circuitos de VM y AM, estos balastros toleran una caída de tensión mayor antes de que se extinga la lámpara (dropout), de la que toleran los balastros tipo R y AAR.

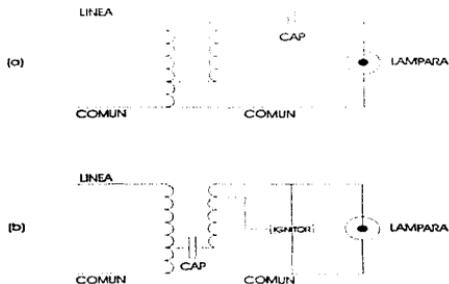


Fig. 1.14 (a) Circuito típico de un autotransformador de potencia constante.

(b) Circuito típico de un autotransformador de potencia constante con ignitor.

1.4.1.4 Transformador de potencia constante (TPC).

Este tipo de balastro tiene la mayor regulación posible de potencia contra tensión de línea. Este no tiene conexión eléctrica entre el primario y secundario, teniendo así una protección extra contra una descarga eléctrica.

Diseñado para usarse con lámparas de VM, el balastro tipo TPC acepta una variación de línea de $\pm 13\%$ con una variación de la potencia de lámpara de $\pm 2\%$. La corriente de línea y el factor de potencia son parecidos a los del balastro tipo APC. Un balastro de este tipo puede tolerar caídas de tensión de más de 50 % antes de que ocurra la caída (dropout) de la lámpara.

Además, estos balastros se utilizan con circuitos serie de dos lámparas donde el aislamiento del bobinado secundario permite que el tornillo cubra ambas bases a ser aterrizadas, dando así seguridad en el montaje.



Fig. 1.15 Circuito típico de un transformador de potencia constante.

1.4.1.5 Transformador regulado en atraso (TRA).

Conocido también como regulado magnéticamente, este balastro da mucha mejor regulación de potencia para lámparas de VSAP que los balastros tipo R, AAR o APC.

Este circuito contempla un bobinado tipo TPC para hacer la operación de la lámpara virtualmente independiente de las variaciones de la línea. Entre otros aspectos es similar al balastro tipo reactor.



Fig. 1.16 Circuito típico de un transformador regulado en atraso.

1.4.2 Balastos regulados electrónicamente.

1.4.2.1 Controlador serie.

Este circuito se utiliza en serie con un balastro tipo reactor para lámparas de sodio blanco, para dar una potencia constante y características de color uniformes con una variación de línea de $\pm 10\%$. Este se recomienda para lograr el rendimiento de color total de las lámparas de sodio blanco.

1.4.2.2 Balastro tipo APC controlado electrónicamente.

Con este balastro se tiene un regulador electrónico en paralelo con el capacitor del balastro para regular la corriente y potencia de lámpara. Este nos da la mejor regulación de potencia de cualquier balastro diseñado para lámparas de VSAP.

1.4.2.3 Balastos electrónicos.

Desde hace poco tiempo existen balastos que utilizan una alta frecuencia (arriba de 20 kHz) para operar ciertos tipos de lámparas de DAI. Estos contemplan un tamaño compacto, bajo peso y bajo consumo de potencia (bajas pérdidas).

1.4.3 Características de regulación de potencia de lámparas de VM y AM.

Una de las características más importantes de un balastro es el grado en que controla la potencia de lámpara (salida de luz) cuando cambia la fuente de alimentación. La figura 1.17 compara la relación entre los tres circuitos básicos para lámparas de VM y AM, cuando varía la fuente de alimentación. Por ejemplo, la línea del APC indica que al 90 % de la tensión de línea el balastro operará la lámpara al 95 % de su potencia nominal. De igual manera, al 110 % del valor de tensión de la fuente este operará la lámpara al 105 % de su potencia nominal.

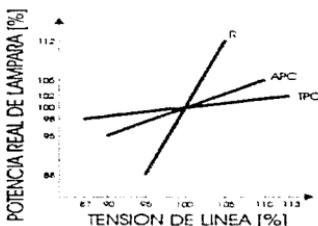


Fig. 1.17 Comparación de tensión de línea vs. potencia de lámpara para los tres circuitos básicos de balastros.

1.4.4 Límites de tensión y potencia de las lámparas de VSAP.

La tensión y potencia de las lámparas de VSAP se relacionan mutuamente, con una variación en uno se notará un cambio correspondiente en el otro. Además, la relación entre la tensión y potencia es única para cada tipo de balastro, y se identifica como característica del balastro. Otros factores que afectan la tensión de lámpara son el envejecimiento del balastro, el efecto del montaje (energía radiante reflejada atrás del tubo de arco) y variaciones en el suministro.

Se han establecido unos límites de potencia y tensión para cada tipo de lámpara que se muestran de mejor manera en una figura llamada diagrama trapezoidal. Las líneas de arriba y de abajo definen los límites máximo y mínimo de potencia a la cual debe operarse la lámpara bajo cualquier condición; la línea izquierda las tensiones de lámpara mínimas anticipadas; y la línea derecha las tensiones más allá de las cuales puede apagarse.



Fig. 1.8 Diagrama trapezoidal para una lámpara de VSAP de 250 W.

1.4.5 Compatibilidad del conjunto lámpara-balastro.

La siguiente tabla indica los tipos de balastos que son apropiados para cada tipo de lámpara de DALI. El nivel esperado de desempeño de cada balastro en relación con cada tipo de lámpara se indica de acuerdo a lo siguiente:

- | | |
|-------------------|--|
| S = Satisfactorio | (1) Requiere ignitor para el encendido. |
| P = Preferido | (2) Sistemas de 1.000 W-480 V. |
| M = Mejor | (3) Las lámparas de bajo voltaje necesitan un pulso de alta tensión. |

Tipo de balastro	Tipo de lámpara			
	VSAP		VM	AM
	35-100 W	150-1000 W		
Reactor (R).	S (1)	S (1)	S	S (2)
Autotransformador de alta reactanc. (AAR).	P (1)		S	P (3)
Autotransformador de potencia etc. (ÁPC).		P (1)	P	P
Transformador de potencia etc. (TPC).			P	
Transformador regulado en atraso (TRA).	M (1)	M (1)		
Controlador serie.	M (1)			
APC controlado electrónicamente.		M (1)		

Tabla 1.5 Tipos de balastros apropiados para cada tipo de lámpara de DAL.

1.4.6 Ignitores.

En las lámparas de VSAP y algunas de AM, la tensión necesaria para iniciar el arco es mayor que la tensión de circuito abierto del balastro. En este caso se utiliza un ignitor para proveer un pulso de alta tensión por un periodo de tiempo muy corto (1 a 5 μ s). Además, el pulso se diseña para que ocurra cerca del pico de la onda de tensión de circuito abierto, fluyendo la corriente de arco necesaria en la descarga inicial.

Los ignitores más comunes utilizan una parte del embobinado del balastro como un transformador elevador. Cuando se energiza el sistema, el ignitor proporciona el pulso de alta tensión requerido hasta que encienda la lámpara y este pare automáticamente.

Si la lámpara no opera o no hay tal en la base (socket), el ignitor seguirá mandando el pulso de encendido. Aún cuando algunos ignitores tienen un diseño de vida larga es preferible rectificar aquellas situaciones que inducen a una emisión de pulsos continuos, tan pronto como sea posible.

Algunos ignitores se diseñan con una alta frecuencia interna, y transformadores de alta tensión para que estos puedan aplicarse directo a la lámpara. Este tipo de ignitores es utilizado con frecuencia para el reencendido instantáneo (o rápido) de las lámparas de AM. Debe considerarse el aislamiento suficiente que debe tener en su construcción este tipo de ignitores, para proteger el resto del circuito del balastro del pulso de alta tensión.

1.4.7 Protecciones.

Las recomendaciones para la protección de balastros y de los circuitos que contienen lámparas de DAI se deben obtener de los fabricantes de luminarios. Si se vuelan los fusibles o fallan los “breakers”, puede deberse a un circuito sobrecargado, lo que puede indicar que el fusible o el interruptor termomagnético no están diseñados para soportar corrientes de “inrush” o de encendido normal. En este caso, usualmente se especifica el tipo de interruptor térmico con retardo.

1.4.8 Dimeo.

A través del uso de balastros especiales y/o circuitos de control, es posible el “dimeo” (o regulación de la intensidad de luz por medio de la variación de la potencia de la lámpara) de las lámparas de DAI sobre un amplio rango de luz de salida. El desenvolvimiento de la lámpara no se ha establecido completamente y depende del sistema de “dimeo” y del grado y duración del mismo.

Las propiedades de rendimiento de color de las lámparas de VSAP se deterioran a medida de que disminuye la potencia de la lámpara. Las características de color de las lámparas de AM se asemejan a aquellas de vapor de mercurio claro, cuando la potencia de la lámpara disminuye. Las lámparas de VM mantienen sus características de color

razonablemente bien. El mantenimiento de lúmenes y la vida de estas lámparas puede ser reducida.

Antes de que las lámparas de DAL sean "dimeadas", estas deben encenderse y llegar hasta su estabilización a una tensión nominal. De otra manera ocurrirá una operación no satisfactoria y se acortará la vida de la lámpara.

No existen normas acerca de los "dimers" para DAL. Lo más recomendable es solicitar al fabricante la información acerca de estos sistemas.

1.4.9 Factor de cresta.

El factor de cresta es la relación entre el valor pico de cualquier forma de onda de corriente alterna y su valor raíz cuadrático medio (rem). En otras palabras el factor de cresta es simplemente un medio numérico para definir una forma de onda. Por ejemplo, un factor de cresta de 2.0 significa que el valor pico es el doble de su valor rem.

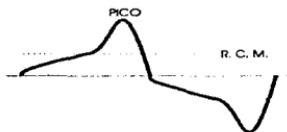


Fig. 1.19 Factor de cresta de una forma de onda.

Para DAI se consideran factores de cresta de la onda de corriente de la lámpara máximos satisfactorios de 2.0 para VM, y 1.8 para los otros tipos. Un factor de cresta en corriente puede adelantar o incrementar la depreciación de lúmenes de la lámpara.

1.4.10 Factor de potencia.

El factor de potencia es la relación entre la potencia real (volts \times amperes \times factor de potencia) y la potencia total o aparente (volts \times amperes) en un circuito de corriente alterna. El factor de potencia de los circuitos inductivos está atrasado (la forma de onda de corriente atrasa a la forma de onda tensión) como se muestra en la figura 1.20.

Cuando las lámparas de DAI se operan con un balastro tipo reactor ∞ o un autotransformador de alta reactancia (AAR), el factor de potencia está en el rango de 0.5 a 0.6 atrasado. Esto se refiere a un factor de potencia normal (FPN). La adición de un capacitor corrector de factor de potencia disminuirá la corriente de entrada del balastro, estando así la potencia aparente muy cercana a la potencia real (de la lámpara y balastro) y la relación entre estas dos será muy cercana a 1. Cuando el factor de potencia es mayor o igual a 0.9, este se denomina alto factor de potencia (AFP).

No existe ningún cambio en el sistema de potencia o en las características de la lámpara cuando se adiciona un capacitor para corrección del factor de potencia. La reducción en la corriente de línea hace posible el incrementar el número de fuentes de luz que pueden conectarse a un circuito.

Los balastros tipo TPC, APC y TRA tienen normalmente factores de potencia de 0.9 o mayores sin que sea necesario anexar otro capacitor para la corrección del factor de potencia.

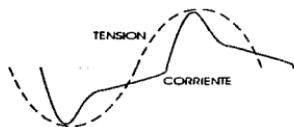


Fig. 1.20 Factor de potencia.

1.4.11 Operación de C. D.

Las lámparas de DALI están diseñadas para operar en circuitos de C. A. Las lámparas de VM pueden operarse en C. D. pero en estos casos se ha experimentado ciertas limitaciones en su desenvolvimiento. Cuando se considere la operación de estas lámparas con C. D., se debe considerar lo siguiente:

- La tensión de circuito abierto debe ser lo suficientemente alta para encender y mantener encendida el tipo de lámpara en particular. Usualmente es suficientemente $250 V_{c.a.}$ para lámparas de bajo voltaje (135 V), y $325 V_{c.a.}$ para lámparas de voltaje alto (265 V).
- El balastro puede ser también del tipo electrónico o alguna forma de resistencia en serie con la lámpara. Un balastro inductivo tiene una impedancia incalculable en C. D.
- La vida de la lámpara se reducirá grandemente.
- El mantenimiento de lúmenes será mucho menor que en C. A.

- ❑ Se obtendrá el mejor desarrollo si se hace una conexión positiva (+) para cubrir la base de la lámpara, de otra manera, puede ocurrir un acortamiento de la vida de la lámpara. Esto es particularmente importante en las lámparas de 400 W.
- ❑ La salida de lúmenes, el mantenimiento de lúmenes y el rango de vida mencionados en los catálogos no aplican para operar lámparas con C. D.

Las lámparas de AM pueden operarse con C. D. pero no es recomendable.

Las lámparas de VSAP no deben operarse con C. D.

1.4.12 Operación con alta frecuencia.

Las lámparas de DAI pueden operarse a altas frecuencias, pero con una pequeña ganancia en la salida de luz. Los ahorros en el costo del balastro, tamaño y precio, reducción del efecto estroboscópico y otras consideraciones pueden hacer deseable este tipo de operación; sin embargo, cada tipo de lámpara es susceptible de tener varios puntos de resonancia acústica, lo que puede causar una lámpara fuera de tiempo o, en el peor de los casos, la destrucción de la lámpara.

1.4.13 Radiointerferencia.

Las lámparas de DAI generalmente no interfieren en la recepción de ondas de radio o T. V., y no se necesitan balastos o circuitos diseñados especialmente.

Donde si es importante conocer las necesidades exactas de las especificaciones militares, o donde la naturaleza especial del trabajo requieran el mínimo de radiointerferencia,

es posible tomar precauciones especiales. Estas incluyen: filtrado de la fuente de alimentación, colocación remota de los balastos (no excediendo las recomendaciones del fabricante), uso de cable blindado, uso de conductor aterrizado sobre la cara del luminario o uso de reflector de material conductor aterrizado sobre la entrada del luminario.

CAPÍTULO 2

Iluminación con lámparas fluorescentes.

La lámpara fluorescente fue desarrollada en 1938 y hasta nuestros días es una de las más utilizadas para iluminar grandes áreas interiores y exteriores.

El alumbrado fluorescente ha llegado a ser la fuente formal de iluminación en las nuevas construcciones y es el sistema óptimo para iluminar comercios, oficinas, fábricas, hoteles, así como anuncios exteriores. Sus diferentes presentaciones permiten dar diferentes ambientes al lugar que se ilumine según sean los requerimientos del usuario. Entre las principales presentaciones se tienen: luz de día, blanco frío, blanco cálido y blanco ligero, siendo las más utilizadas en nuestro país las lámparas en color luz de día.

Las lámparas fluorescentes son lámparas de descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, donde la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia.

Las lámparas fluorescentes son fabricadas en varios tipos:

- Arranque normal o precalentado.
- Arranque instantáneo o "Slimline".
- Arranque rápido.

Dentro de las lámparas de arranque rápido existen también las lámparas de Alta Luminosidad (AL) y las lámparas de Muy Alta Luminosidad (MAL).

2.1 Generación de luz fluorescente.

La lámpara fluorescente es una fuente de descarga eléctrica que hace uso de la energía ultravioleta generada a una alta eficiencia por vapor de mercurio en un gas inerte (argón, kriptón o neón) a baja presión para activar un revestimiento de material fluorescente (fósforo) depositado sobre la superficie interna del tubo de vidrio.

2.2 Operación de lámparas.

2.2.1 Lámparas de encendido precalentado.

Las lámparas de encendido precalentado requieren del calentamiento de los electrodos para poder encender. Para ello debe ponerse un arrancador manual o automático en serie con los filamentos de la lámpara.

Cuando se alimenta, pasa la corriente a través del balastro, los electrodos de la lámpara y el interruptor de encendido. La corriente calienta los electrodos hasta que éstos emitan electrones a lo largo de la lámpara, hasta que esta enciende.

Durante el ciclo de encendido, el balastro limita la corriente que fluye a un valor calibrado para el calentamiento de los electrodos. En pocos segundos los electrodos alcanzan la temperatura apropiada, tiempo en el cual se abre automáticamente el interruptor de encendido. La apertura de este interruptor de encendido hace que se interrumpa el paso de corriente por el arrancador para que esta fluya por la lámpara, dejando al gas en la lámpara como único camino a seguir.

Con la ayuda de la alimentación a través del balastro, la corriente fluye por el camino del gas en la lámpara, encendiéndola.

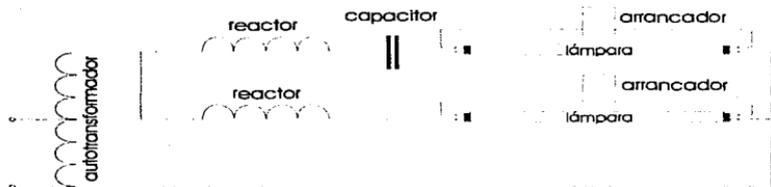


Fig. 2.1 Lámparas de encendido precalentado.

2.2.2 Lámparas de encendido instantáneo.

Con un circuito de encendido instantáneo las lámparas son encendidas por la aplicación de alta tensión inicial entre los electrodos sin la necesidad de contar con un arrancador. Esta tensión inicial requiere un autotransformador como parte integral del balastro.

Debe incluirse también un reactor o "bobina de choque" para reducir la tensión de encendido a la tensión nominal de lámpara.

2.2.2.1 Balastro tipo Adelantado-Atrasado.

El circuito de encendido instantáneo tipo Adelantado-Atrasado difiere del circuito de encendido precalentado sólo en la tensión de encendido producida y la falta del arrancador de la lámpara.

Este balastro proporciona la tensión de encendido necesaria para encender cada lámpara independientemente de la otra. Las lámparas son conectadas en paralelo.

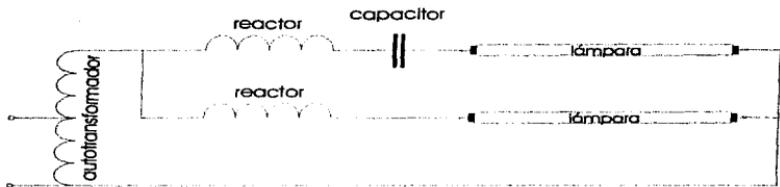


Fig. 2.2 Lámparas de encendido instantáneo operadas con un balastro tipo Adelantado-Atrasado.

2.2.2.2 Balastro tipo Secuencia Serie.

El balastro tipo Secuencia Serie se implementó para reducir el tamaño, peso y costo del tipo Adelantado-Atrasado. En este circuito se operan dos lámparas en serie teniendo el encendido en secuencia.

Este circuito Secuencia Serie difiere de los otros en que cada circuito desarrolla una función separada. La sección de encendido proporciona la tensión y corriente suficiente para encender una lámpara con la lámpara restante encendiendo en secuencia debido a la misma tensión y corriente. Debido a que las lámparas están en serie, los circuitos de operación no necesitan la alimentación de corrientes individuales.

La reducción en las necesidades de potencia hace posible producir un balastro para lámparas fluorescentes de arranque instantáneo el cual es ligero, más pequeño y con gran eficiencia.



Fig. 2.3 Lámparas de encendido instantáneo operadas con un balastro tipo Secuencia Serie.

2.2.3 Lámparas de encendido rápido.

Las lámparas de encendido rápido utilizan cátodos cortos de bajo voltaje, los cuales son calentados automáticamente por el balastro, eliminando también la necesidad de un arrancador. El balastro de encendido rápido precalienta los cátodos por medio de un embobinado de calentamiento construido como una unidad dentro del balastro. Este embobinado de calentamiento continúa funcionando para producir corriente para la lámpara después del encendido.

Debido al calentamiento continuo de los electrodos, se necesita menos tensión para el impulso inicial que en el encendido instantáneo. Las lámparas de encendido rápido encienden inmediatamente a una brillantez baja y llegan a su brillantez máxima en aproximadamente dos segundos.

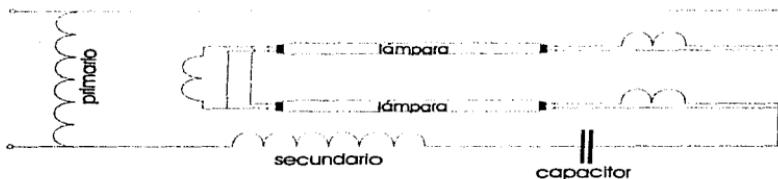


Fig. 2.4 Lámparas de encendido rápido.

2.3 Balastos.

Las lámparas fluorescentes no pueden ser conectadas directamente a la línea. La lámpara tomará más y más corriente hasta destruirse a menos de que se establezca el flujo de corriente de alguna manera. En nuestros días existe una gran variedad de lámparas fluorescentes las cuales necesitan diferentes tensiones de encendido dependiendo del largo, diámetro, construcción, y gases con los cuales se llena la lámpara.

Durante el ciclo de encendido el balastro:

- Provee una cantidad controlada de energía eléctrica para precalentar los electrodos de la lámpara.
- Suministra un pulso controlado de alta tensión y la corriente para establecer el arco entre los electrodos.

Y en el ciclo de operación:

- Controla y limita la energía eléctrica a los valores apropiados al cual la lámpara opera con su máxima eficiencia.**

2.3.1 Balastros electromagnéticos.

Debido a que el funcionamiento de la lámpara está íntimamente ligado al funcionamiento del balastro, se ha descrito también el funcionamiento de los balastros electromagnéticos empleados para operar lámparas fluorescentes. Esto debido a que este es el tipo más común de balastro que se emplea actualmente.

Hoy en día cerca del 95 % de los balastros fluorescentes de factor de potencia corregido son del tipo electromagnético. La tecnología del núcleo y la bobina ha trabajado efectivamente durante 50 años, sin embargo el balastro electromagnético tiene deficiencias inherentes:

- Calentamiento.** Consumen energía interna la cual genera un calentamiento excesivo en el área circundante.
- Parpadeo de luz.** La descarga de gas dentro de la lámpara fluorescente se extingue 120 veces por segundo debido a que la corriente de lámpara se alterna 60 ciclos. El parpadeo es una fuente que contribuye al forzamiento de los ojos, con niveles típicos de 33 % o mayor dependiendo del fósforo de la lámpara.
- Ruido.** Aún cuando los balastros electromagnéticos pueden tener rangos de sonido Clase A, el zumbido es audible en las oficinas, salones de clase y aplicaciones residenciales.
- Peso.** Se utiliza chapopote para reducir el zumbido y para enfriar el balastro, causando que este se haga pesado.

- ❑ **Salida de luz.** La intensidad de luz varía con la tensión de alimentación de c. a.
- ❑ **“Dimeo”.** Un “dimeo” apropiado (o práctico) de una lámpara fluorescente no puede ser hecho con un balastro electromagnético. Solamente puede hacerse reduciendo la alimentación lo cual disminuye el calentamiento de cátodos reduciendo así la vida de la lámpara. Además, el “dimeo” de potencia de entrada es muy caro.
- ❑ Además tiene una baja eficiencia de energía.

Estas deficiencias de los balastos electromagnéticos pueden ser reducidas utilizando la tecnología electrónica en los balastos.

2.3.2 Balastos electrónicos.

El balastro electrónico puede dividirse en tres partes:

- ❑ **La terminación de frente.** Convierte una onda de 60 Hz de c. a. en c. d., controla el factor de potencia, filtra la interferencia electromagnética, y afecta el factor de cresta de la corriente de lámpara.
- ❑ **El inversor y el circuito de salida.** Convierte la onda de c. d. en una onda de c. a. de alta frecuencia y la aplica a la lámpara. El balastro electrónico obtiene su ahorro de energía por dos mecanismos: el primero es tener bajas pérdidas internas y el segundo es el incremento de la luz de salida debido a la excitación del fósforo de la lámpara con alta frecuencia. Si el período de frecuencia de excitación es menor que la constante de tiempo de deionización para el gas en la lámpara, el gas permanecerá ionizado continuamente y entonces producirá luz continuamente. Este fenómeno aunado a una continua persistencia del fósforo a alta frecuencia mejorará la luz de salida de 8 a 12 %.

- ❑ *El circuito de control.* Controla el encendido de la lámpara, la potencia de lámpara, y la protección de varias condiciones como remover la lámpara, fuga de gas de la lámpara, calentamiento de cátodos, corto circuito de cátodos y corto circuito de lámpara. Con relación al control de encendido de la lámpara, el balastro electrónico ideal primero alimentará los cátodos por un mínimo de 0.6 segundos, y luego aplicará alta tensión a la lámpara en el modo de operación de arranque rápido.

2.3.3 Balastros híbridos.

A partir de los años 90's se ha venido desarrollando el mercado de balastros, enfocándose esto básicamente al ahorro de energía, tanto en balastros electromagnéticos como en electrónicos.

Una tecnología de balastros fluorescentes que involucra tanto circuitos magnéticos como electrónicos es el llamado balastro híbrido, el cual puede resultar un producto económicamente viable.

El interés principal de un balastro híbrido es reducir los costos debidos a las pérdidas de energía, atribuibles a los sistemas de iluminación. Una intento realizado para las lámparas de encendido rápido es desactivar la bobina de los filamentos del balastro (y por ende los mismos filamentos) después de que las lámparas hayan encendido satisfactoriamente. Esto se basa en que los filamentos de la lámpara necesitan calentarse sólo durante la secuencia de encendido de la lámpara para iniciar la emisión de electrones. A partir de que se completa el encendido, la corriente normal de operación de la lámpara es suficiente para mantener la temperatura de emisión de los filamentos.

En el caso de los sistemas de dos lámparas, los ahorros de energía típicos obtenidos al desactivar los filamentos de la lámpara son del orden de 5 a 6 watts. Esto equivale a un 5 % de

incremento en la eficiencia del sistema de iluminación, comparado con un sistema similar que utilice balastos electromagnéticos ahorradores de energía, con una salida de luz equivalente.

El interés de los balastos híbridos comenzó en la primera mitad de los 70's con unos **costos de energía** que se incrementaban rápidamente. Se sugirieron y patentaron en ese entonces varios modelos que podían desactivar los filamentos de las lámparas. Estas ideas involucraban relevadores, interruptores térmicos, componentes electrónicos de estado sólido, o una combinación de ellos. Al final, ninguna de estas técnicas vino a ser comercializada ampliamente debido a que los costos de manufactura de esos diseños eran prohibitivamente caros. Sin embargo, a principios de los 80's se introdujo al mercado un balastro que podía ser producido económicamente. Este es un diseño que utiliza un transformador auxiliar llamado transformador de filamentos, el cual se activa sólo cuando las lámparas se encuentran apagadas, auxiliado por un circuito electrónico.

Después de la segunda mitad de los 90's se desarrolló un balastro que utiliza una tensión del mismo y la transforma en corriente directa, con el fin de controlar unos optoacopladores que transmiten una tensión a los filamentos, sólo cuando las lámparas están apagadas. Este nuevo diseño de balastro híbrido ofrece las siguientes ventajas:

- El circuito no consume potencia durante la operación de la lámpara.
- El diseño es de naturaleza modular.
- El circuito de desactivación pesa a lo mucho una sexta parte del transformador de filamentos.
- El circuito no necesita protección auxiliar.
- Eliminando el transformador de filamentos se hace posible obtener un mejor control de la tensión de los filamentos durante la secuencia de encendido de la lámpara.

□ El nuevo diseño es más fácil de producir lo cual provoca que sea más viable.

2.4 Efecto de la tensión de línea.

Si la tensión de línea es mayor o menor que para la cual ha sido diseñado el balastro, esta condición puede afectar la vida de la lámpara, la vida del balastro y la salida de luz de la lámpara.

Usualmente no hay ningún efecto serio en el balastro cuando una instalación se opera a una tensión menor que la nominal del balastro. Sin embargo, puede ocurrir un acortamiento en la vida de la lámpara y una disminución de la salida de luz de la misma. Además puede fallar el encendido.

Tensiones mayores de la nominal acortarán la vida del balastro al tiempo que incrementa la luz de salida. Usualmente habrá también una reducción en la vida de la lámpara. En lámparas en las cuales los filamentos deben precalentarse antes del encendido, puede existir un pulso instantáneo que dañe los cátodos. Otro resultado de una tensión mayor a la nominal es el incremento de temperatura; este sobrecalentamiento definitivamente reduce la vida del balastro.

En general, los balastros deben operarse dentro de $\pm 7.5\%$ de la tensión nominal.

2.5 Factor de potencia.

El factor de potencia se define como la eficiencia relativa del uso de la corriente eléctrica. (Esto no significa necesariamente el uso de una gran potencia.). Así el factor de potencia es la relación entre la potencia eléctrica real (watts) suministrada a la lámpara (a través del balastro), y la magnitud de la tensión por la corriente suministrada por la línea.

Específicamente, un factor de potencia alto es aquel que es mayor a 0.9.

Los balastos requieren una cantidad específica de corriente. Esta cantidad puede ser suministrada a un bajo nivel de corriente de línea con un equipo de alto factor de potencia. Contrariamente, los equipos que tienen un factor de potencia normal requieren una corriente de línea mayor con lo que pueden sobrecargar los circuitos.

2.5.1 Ventajas de los balastos de alto factor de potencia.

- Previene posibles fallas de sobrecarga debido a su utilización de electricidad.
- Los costos de cableado son menores debido a que un balastro de factor de potencia normal toma alrededor del doble de la corriente de línea de uno de alto factor de potencia y requiere un cable mayor para transportar la carga.
- Con un balastro de alto factor de potencia pueden instalarse más montajes en cada rama del circuito.

2.6 Sonido del balastro.

El ligero zumbido que se presenta en instalaciones de iluminación fluorescente se origina de la inherente acción magnética en el núcleo y el ensamble de bobinas del balastro. Existen tres razones por las cuales puede incrementarse este sonido:

- El método de montaje del balastro en el luminario. Es recomendable que se utilicen todos los agujeros destinados al montaje para asegurarlo al luminario.

Partes perdidas en el luminario.

Cualidades de resonancia de techos, paredes, pisos y mobiliario.

La elección de los balastos para lámparas fluorescentes debe hacerse en base a la selección de uno que tenga el rango más callado para un área específica. Los balastos se seleccionan por su sonido a través de un código de letras, y algunos tienen un sonido más perceptible debido a su construcción básica y los rangos eléctricos.

También es importante considerar el nivel de ruido del lugar. Es obvio que el sonido del balastro es una consideración más importante en una estación de radio que en una tienda llena.

2.7 Tensión y frecuencia de alimentación.

Cada balastro está diseñado para operarse a una tensión nominal. Si se tiene una desviación anormal de este valor provocará un daño al balastro o a la lámpara, o a ambas.

Todos los balastos están diseñados para una sola frecuencia de operación; así, los mejores resultados se encontrarán cuando se opera el balastro a la frecuencia marcada en su etiqueta.

2.8 Radiointerferencia.

La radiointerferencia es provocada por la acción del arco en los electrodos de la lámpara, lo cual crea una serie de ondas de radio. Esta energía puede interferir con una recepción de radio por:

- Radiación directa de la lámpara fluorescente al circuito aéreo.
- Retroalimentación de la alimentación debida a la lámpara a través de la potencia de línea a la onda de radio.
- Radiación directa de la fuente eléctrica al circuito aéreo.

Para corregir la primera causa se recomienda que se separen el radio y el circuito aéreo al menos 3 metros de la lámpara fluorescente y proveer al radio de una tierra positiva.

La segunda y la tercera causas pueden ser corregidas en los sistemas de iluminación que generen radiointerferencia objetable poniendo un filtro. Generalmente esto se completa por la conexión de un filtro externo tipo reactancia capacitiva. También es deseable para el radio y el luminario para lámparas fluorescentes, que sea provisto de alimentaciones derivadas de circuitos separados.

2.9 Ventilación.

Un balastro para lámparas fluorescentes, como cualquier otro equipo eléctrico, genera calor durante su operación normal. UL¹ estipula que la limitación de temperatura de este balastro utilizando un aislamiento Clase A en operación normal debe tener una temperatura máxima de los embobinados del balastro de 105 °C y una temperatura máxima de la cubierta del mismo de 90 °C en su punto más caliente. La vida del balastro puede reducirse si este se opera a temperaturas por encima de estos límites.

Cuando sea instalado más de un balastro en un contenedor, el balastro debe ser puesto lo suficientemente lejos para proveer a la combinación los efectos de calentamiento normal.

¹ Underwriter's Laboratories.

Para ayudar en la limitación del incremento de temperatura del balastro, pueden seguirse las siguientes recomendaciones:

- Monte el balastro con el mayor número de lados en contacto directo con un canal de metal o el montaje. Los disipadores son un medio excelente para dispersar el calor.
- Dar ventilación al montaje.
- Pinte los canales de montaje que no lo estén con un acabado no metálico para incrementar la radiación.
- Ponga el balastro fuera del luminario en un lugar que sea más frío.
- Ponga el luminario de tal manera que exista una disipación máxima de calor por conducción, convección o radiación.

2.10 Operación en clima frío.

El rango de lúmenes de las lámparas fluorescentes son aplicables para operar en temperaturas ambiente de 77 °F. Cuando muchas lámparas y balastos fluorescentes son diseñados para dar su mejor desenvolvimiento a 77 °F, ellos darán una salida de luz razonable abajo de 50 °F. Una disminución mayor en la temperatura ambiente provocará un decaimiento de la intensidad de luz.

Variables como la humedad, tensión de línea, diseño de montaje y variaciones entre los diferentes diseños de lámparas y balastos fluorescentes juegan una parte muy importante en la determinación del límite de temperatura baja para el encendido.

Para una operación más eficiente en ambientes fríos se recomienda la utilización de lámparas tipo MAL y "Power Groove" de 800 mA y 1000 mA. Aún con lámparas de alta luminosidad, la operación satisfactoria de ellas depende de una adecuada protección para permitir que alcancen las temperaturas de operación recomendadas. Debe tenerse cuidado en los diseños de montaje para prevenir el sobrecalentamiento del balastro durante su operación en época de verano.

CAPÍTULO 3

Pruebas a balastos para lámparas de DAL

3.1 Pruebas de características eléctricas.

El acreditamiento de las pruebas de características eléctricas a balastos de DAL comprenderá las pruebas de funcionamiento que se describen a continuación.

3.1.1 Circuito de alimentación.

Esta prueba es aplicable para todos los balastos de DAL:

3.1.1.1 Condiciones de encendido.

Se deben tomar las mediciones de tensión y corriente **rem.**

3.1.1.2 Condiciones de operación.

Se deben tomar las mediciones de potencia real, tensión y corriente **rem.**

3.1.2 Circuito de salida (lámpara).

Esta prueba es aplicable para todos los balastos de DAL.

3.1.2.1 Condiciones de encendido.

Se deben realizar las siguientes mediciones: tensión de circuito abierto rem, tensión de circuito abierto pico, parámetros de encendido y sostenimiento para lámparas de VM y AM, parámetros de encendido para lámparas de VSAP, factor de cresta de la corriente de lámparas de AM y VSAP, tiempo de desconexión para lámparas de AM y VSAP, pendiente de la onda de corriente (al paso por cero) para lámparas de AM.

3.1.2.2 Condiciones de operación.

Se deben realizar las siguientes mediciones: tensión de lámpara rem, corriente de lámpara rem, factor de cresta de la corriente de lámpara, potencia de lámpara.

3.1.3 Mediciones de encendido y parámetros de sostenimiento de carga pico.

Estas pruebas son aplicables para balastos de AM y VM.

3.1.3.1 Equipo necesario.

Para la realización de estas pruebas es necesario contar con el siguiente equipo:

- Una fuente de tensión senoidal que tenga una regulación de no más de 0.5 %,
- Un osciloscopio con memorias,

- ❑ Un resistor de $1.0 \Omega \pm 2 \%$, y otro de $5.0 \Omega \pm 2 \%$ con un bajo coeficiente de temperatura, capaz de soportar la corriente de corto circuito del balastro de prueba.

3.1.3.2 Mediciones de la pendiente y tiempo de desconexión de la onda de corriente.

Conecte un resistor de $5.0 \Omega \pm 2 \%$ como carga a través de la salida del balastro. Guarde en memoria la forma de onda que aparece en el osciloscopio conectado al resistor, con el balastro de prueba operando al 90 % de la tensión de línea. El osciloscopio debe estar en el modo de entrada de c.d., y la sensibilidad debe ser tal que el trazo esperado a través de cero se aproxime a la línea central. Esto puede necesitar el recorte de la señal para aumentar la ganancia vertical. La pendiente de la corriente cuando ésta va a cero es la relación entre el incremento de corriente y el incremento de tiempo tomado en el tiempo en que la corriente pasa por cero al final del medio ciclo. Vea la figura 3.1. El tiempo de desconexión es el periodo de tiempo de un bajo nivel de corriente al final del medio ciclo antes de la transición al próximo medio ciclo. Este periodo se define como el intervalo del punto de intersección de la tangente del trazo descendente de corriente y la tangente del trazo de corriente baja, hasta el final del medio ciclo. Vea la figura 3.1.

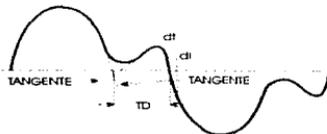


Fig. 3.1 Pendiente (di/dt) y tiempo de desconexión (TD) de corriente.

3.1.3.3 Medición de sobrepaso de corriente.

Conecte una carga resistiva de $1.0 \Omega \pm 2\%$ a través de la salida del balastro de prueba con una alimentación de tensión al 110 %. Observe la forma de onda que aparece en el osciloscopio conectado al resistor. Mida el sobrepaso de corriente. Este es aquella porción de la forma de onda de corriente que se extiende a través de cero, antes del final del medio ciclo. Tome el promedio de sobrepaso de ambos medios ciclos. Vea la figura 3.2.



Fig. 3.2 Sobrepaso (S).

3.1.3.4 Mediciones de tensión de sostenimiento.

Las mediciones de tensión de sostenimiento pueden tomarse con un resistor de $5.0 \Omega \pm 2\%$ para simular la carga de la lámpara. Esto permite realizar mediciones repetibles, dado que se remueve la variabilidad de la lámpara.

Un procedimiento típico es usar un osciloscopio que tenga doble trazo con un amplificador diferencial y un amplificador con entrada de una sola terminal, con el modo vertical desacoplado. Las conexiones al balastro están hechas como se muestra en el diagrama de la figura 3.3. La base de tiempo se sincroniza a la línea de c. a. y no deben hacerse ajustes en las mediciones. Se deben mantener las relaciones de fase entre la tensión de circuito abierto,

tensión del capacitor, y la forma de onda de corriente. (Con frecuencia se facilita la sincronización utilizando la posición sincronizada cortada). Se guarda en memoria la forma de onda de la tensión de circuito abierto. Se coloca el resistor de 5Ω en el secundario, y se guardan también las formas de onda de la tensión del capacitor y de corriente (tensión en el resistor). La tensión de sostenimiento se mide en el punto donde la forma de onda de corriente pasa por cero. Vea la figura 3.4.

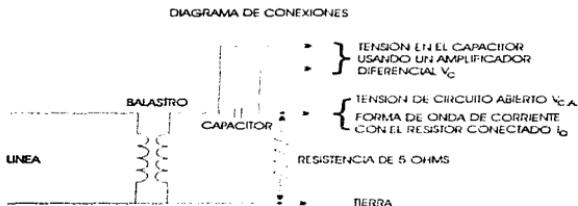


Fig. 3.3 Diagrama de conexiones para medir la tensión de sostenimiento V_s .

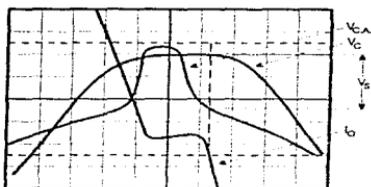


Fig. 3.4 Tensión de sostenimiento (V_s).

3.1.4 Medición de los parámetros del pulso de encendido para balastos de VSAP.

Estas pruebas son aplicables a los balastos de VSAP.

Las mediciones del pulso de encendido de los balastos para lámparas de VSAP son difíciles de repetir a menos de que se sigan de manera muy cercana las siguientes indicaciones:

1. Es necesario tener un osciloscopio para medir los parámetros del pulso, teniendo especial cuidado en utilizar un transformador de aislamiento entre la línea y en balastro.
2. Debe conectarse un capacitor de 0.5 μF construido a base de cinta extendida, que tenga buenas características en alta frecuencia, y el rango de tensión adecuada, a través de la salida del transformador de aislamiento principal para abatir las altas frecuencias.
3. Debe conectarse un capacitor de 20 pF que tenga características para alta frecuencia y un rango de tensión adecuada, a través de la salida del balastro para simular la carga de la lámpara.
4. Debe aterrizar (si se usa) el núcleo, capacitores, ignitor y encapsulado del balastro.
5. Debe calibrarse la escala vertical del osciloscopio antes de tomar las mediciones.
6. Cuando use una punta de prueba 1000:1, la respuesta de la onda cuadrada debe ajustarse a la velocidad de barrido horizontal usada durante la prueba (0.5 ó 1 $\mu\text{s/cm}$).
7. Probablemente será necesario oscurecer el laboratorio para tener una mayor visión del pulso de alta tensión cuando mida el ancho del pulso.

3.1.4.1 Medición de amplitud del pulso.

La amplitud del pulso de encendido se mide entre el nivel cero de la onda de tensión y el valor máximo ubicado en la cresta del pulso. Para realizar esta medición debe conectarse una carga de 20 pF entre las terminales de la lámpara.

3.1.4.2 Medición del ancho del pulso.

El ancho del pulso es el tiempo comprendido por el mismo, a una amplitud determinada por la norma respectiva. Esto es, el tiempo comprendido entre dos puntos de la misma amplitud en la parte alta de la forma de onda del pulso.

3.1.4.3 Medición del rango de repeticiones.

Se medirá el número de repeticiones de pulsos existentes en cada ciclo o medio ciclo de la onda de tensión, según lo indique la norma respectiva.

3.1.4.4 Medición de la posición.

Se medirá la posición, tanto del pulso positivo como negativo, en grados eléctricos y en porcentaje del valor pico de la onda de tensión, tomando como referencia los 90 ° ϵ al 100 % (valor máximo) de la onda de tensión de circuito abierto.

3.1.5 Límites de operación de la lámpara.

Primero se pone una lámpara del tipo apropiado en el circuito del balastro de referencia, y aplicando el rango de tensión adecuada al balastro, se miden los valores de tensión, corriente y potencia de lámpara. Los valores obtenidos deben caer dentro del rango permitido para una lámpara de referencia definidos en las normas correspondientes.

En el caso de las lámparas de VM y AM estas son transferidas al circuito del balastro sin dejar que se extinga el arco. Las lámparas de VSAP usualmente deben apagarse, transferirse a un circuito con un balastro auxiliar, y reencenderse entonces. Después de provocar el calentamiento de las lámparas se debe transferir éstas al balastro de prueba sin extinguir el arco.

3.1.6 Regulación.

Para determinar la regulación se toman lecturas de la potencia de la lámpara a un valor de tensión de línea por encima del rango de tensión nominal y a otro valor por debajo del rango de tensión especificados en los requerimientos de las normas aplicables.

Para mediciones de regulación en lámparas de VM y AM, debe utilizarse lámparas de referencia. Estas lámparas tienen una tensión estable y sólo requieren que se sigan los procedimientos normales descritos en las normas para tener resultados precisos y repetibles.

Las lámparas de VSAP no tienen una tensión estable, influenciando así las mediciones de regulación. Para incluir el efecto del rango de tensión de la lámpara, puede usarse una lámpara de tensión abajo del valor nominal, e incrementarse forzosamente la tensión poniendo una cubierta de aluminio alrededor de la lámpara o dirigiendo una lámpara que emita rayos infrarrojos directamente sobre el final del tubo de arco. Debe trazarse la curva de operación volt-watt para ambas posiciones de tensión de la fuente de alimentación, utilizando cualquiera

de los métodos mencionados para generar el trazo hasta que la lámpara caiga (drop out). Los trazos de alta y baja potencia deben caer dentro del trapecioide que se especifica en las normas para las lámparas correspondientes.

3.1.7 Tensión de extinción.

3.1.7.1 Método preferido.

La tensión de extinción es una medida de la capacidad del balastro a operar una lámpara de manera estable. Esta tensión puede medirse de la siguiente forma:

1. Conecte el balastro bajo prueba a una lámpara de referencia montada en la posición adecuada, con un voltmetro conectado para medir la alimentación.
2. Aplique la tensión nominal al balastro y tenga la lámpara en calentamiento al menos 15 minutos.
3. Reduzca la tensión de alimentación del balastro con un rango continuo de 2 a 3 % por segundo hasta que se extinga el arco de la lámpara. La tensión de alimentación en ese punto es la tensión de extinción.

3.1.7.2 Método alterno (sin lámpara de referencia disponible).

El método alterno para medir la tensión de extinción del balastro es como sigue:

1. Haga un muestreo de al menos cinco, preferiblemente diez lámparas.

2. **Determine la tensión de operación de cada lámpara cuando funciona con el balastro de referencia adecuado.**
3. **Aplique la tensión nominal del balastro a cada lámpara y caliente ésta al menos 15 minutos.**
4. **Reduzca la tensión de alimentación del balastro a un rango continuo del 2 al 3 % por segundo hasta que se extinga la lámpara.**
5. **Trace la tensión de extinción (4) contra la tensión de operación de la lámpara (2). La tensión de extinción nominal será el valor al cual la línea trazada cruce el valor de tensión nominal para el tipo de lámpara que está probándose.**

3.1.8 Factor de cresta.

La determinación del factor de cresta de corriente necesita la medición del valor pico de corriente y de la corriente *rem*. El factor de cresta se calcula como la relación entre el valor pico y el valor *rem*. Los métodos típicos para tomar las mediciones necesarias son como sigue:

1. **Con un voltmetro pico que mida a través de una derivación de corriente con una resistencia (shunt) y un amperímetro *rem*.**
2. **Lecturas con osciloscopio a través de una derivación de corriente con una resistencia (shunt) y un amperímetro *rem*.**

Los métodos descritos se ven con más detalle en las normas correspondientes.

3.1.9 Pérdidas.

Las pérdidas de potencia deben ser determinadas por el método de diferencia de wáttmetros, en el cual la salida de potencia se resta de la de entrada.

Para minimizar las desviaciones de pérdidas de potencia, es recomendable usar el mismo tipo de wáttmetro y las mismas escalas de tensión y corriente para medir tanto los watts de entrada como de lámpara.

Note que en la determinación de las pérdidas debe tenerse en mente que, cuando se resta un número impreciso de otro parecido, el error porcentual de la diferencia puede ser muy grande. La desviación puede ser tanto como ± 10 a ± 15 % cuando se utilizan wáttmetros con precisión de ± 0.5 %.

3.1.10 Factor de potencia.

El factor de potencia se determina dividiendo los watts de entrada entre los volt-amperes de la misma. En el caso de los balastos con alto factor de potencia, este debe ser cercano a la unidad. A menos de que se tengan lecturas muy precisas del vóltmetro, ampérmetro y wáttmetro, el cálculo del factor de potencia puede exceder la unidad, lo cual es un valor erróneo.

3.2 Pruebas de seguridad.

Las pruebas de seguridad aplicables a balastos de DAI, son las que se describen a continuación.

3.2.1 Protección contra choque eléctrico.

Estas pruebas se realizan para reducir o determinar los riesgos de choque eléctrico durante la operación y/o cambio de los balastos. Para ello se realizarán las siguientes pruebas:

3.2.1.1 Corriente de fuga.

La corriente de fuga se refiere a todas las corrientes que pudieran ser conducidas entre las superficies conductoras expuestas de un balastro y tierra durante cualquier condición de operación.

Para realizar la prueba se deben conectar todas las partes metálicas en un punto común, de tal manera que a este punto se aplique la punta de prueba.

La corriente de fuga del núcleo (o equivalente) a tierra se medirá de acuerdo a lo descrito en la figura 3.5. Si el balastro no tiene superficies metálicas expuestas, se medirá poniendo una película de papel aluminio de 10×20 cm en contacto con la superficie.

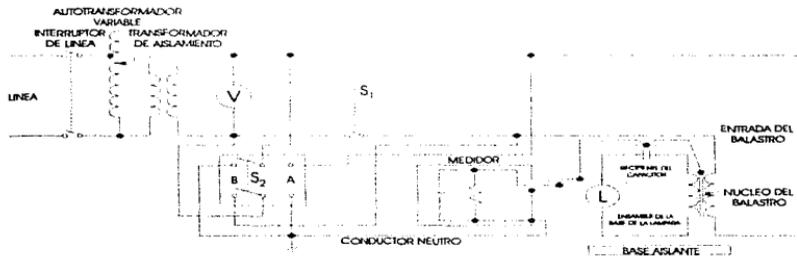


Fig. 3.5 Circuito de prueba para la medición de la corriente de fuga a tierra.

La secuencia para la prueba de corriente de fuga según el diagrama de la figura 4.1, será como se describe a continuación:

1. Con el interruptor S_1 abierto y con el interruptor S_2 en su posición intermedia, se cierra el interruptor de línea y se ajusta a la tensión de prueba.
2. Con el interruptor S_1 abierto, el interruptor S_2 es transferido a la posición A y se mide la corriente de fuga. El interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.
3. El interruptor S_2 se regresa a su posición intermedia (desconectado) y el interruptor S_1 se cierra; el interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga durante los primeros 5 segundos. Ahora se transfiere el interruptor S_2 a la posición B y la corriente de fuga se medirá durante los 5 primeros segundos después de la transferencia.
4. Con el interruptor S_2 en su posición intermedia, se opera el balastro hasta alcanzar el equilibrio térmico; entonces el interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga. Después el interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.
5. El interruptor S_2 se regresa a su posición intermedia y se desconecta el interruptor S_1 . El interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga. El interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.
6. El interruptor S_2 se regresa a su posición neutral y se cierra el interruptor S_1 . Antes de que la lámpara reencienda, el interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga. Después el interruptor S_2 se transfiere a su posición B y se mide la corriente de fuga.

Para determinar la corriente de fuga se alimenta el circuito a su tensión nominal, y se reporta el valor más alto.

3.2.1.2 Riesgo de capacitores cargados.

Esta prueba se realiza a todos los tipos de balastos de DALI.

Si un capacitor está conectado de tal manera que alguna de las terminales externas del balastro pueda quedar energizada después de desconectarlo, la carga almacenada en el capacitor no debe exceder del valor establecido por norma. Para ello se va a medir este valor después de un minuto de haberse desconectado la fuente de alimentación.

3.2.2 Elevación de temperatura.

3.2.2.1 Condiciones para la prueba.

3.2.2.1.1 Condiciones eléctricas.

La combinación de balastro y lámpara bajo prueba, debe operarse hasta que se estabilice térmicamente bajo las condiciones eléctricas nominales.

3.2.2.1.2 Condiciones ambientales.

La temperatura ambiente del dispositivo completo bajo prueba debe ser $25^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, a menos de que los datos de placa indiquen una temperatura mayor.

3.2.2.1.3 Condiciones mecánicas.

El balastro de prueba debe ser puesto sobre un banco y soportado por dos bloques de madera (dando únicamente el soporte con las puntas) de no menos de dos pulgadas de alto, poniendo la muestra de tal manera que tenga el mejor enfriamiento de las bobinas por convección.

3.2.2.2 Métodos para la determinación de la temperatura.

La temperatura de los devanados se debe medir por el método de incremento de resistencia cuando ésta sea aplicable. La temperatura del capacitor se debe medir por el método del termopar. La estabilidad térmica del balastro bajo prueba se debe determinar por el método del termopar.

3.2.2.2.1 Método de resistencia.

El método de resistencia consiste en determinar las temperaturas comparando la resistencia de un devanado a la temperatura a determinar con la resistencia del mismo a una temperatura conocida.

Se debe medir primero la resistencia en frío (R_0), después de que el balastro se haya estabilizado térmicamente a la temperatura ambiente y sin haberse energizado. Se energiza el balastro y se conecta la carga correspondiente. Se determina el incremento de temperatura después de que el balastro se haya estabilizado térmicamente. Es necesario desenergizar el embobinado antes de realizar la medición de resistencia (R_1). El valor de la resistencia al corte (R_1) debe determinarse por la toma de varias lecturas de resistencia a intervalos cortos de tiempo tan prontamente posible, después del instante del corte. De ser posible, todas las lecturas de resistencia en caliente deben completarse en los cuatro minutos siguientes al corte

de la alimentación. Si por cualquier razón esto no fuese posible, se debe reenergizar el balastro con su carga hasta que nuevamente se establezca térmicamente y en esa forma obtener las lecturas faltantes. El tiempo transcurrido entre el instante del corte y la toma de la primera lectura no debe exceder de 90 segundos, pero se recomienda que sea el tiempo mínimo posible después del corte. La temperatura del bobinado se determina por la comparación de la resistencia del mismo a la temperatura estabilizada contra la resistencia a la temperatura conocida (temperatura del laboratorio) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_1 = \left[\frac{R_1}{R_0} \cdot (K + T_0) \right] - K$$

donde:

T_1 = Temperatura correspondiente en ° C a la resistencia en caliente R_1 .

T_0 = Temperatura correspondiente en ° C a la resistencia en frío R_0 .

K = Constante de temperatura por resistencia inferida-cero ($K = 234.5$ para cobre normalizado (100 %), $K = 225$ para el aluminio normalizado (61.2 %)).

3.2.2.2.2 Método de termopar.

El método del termopar consiste en determinar las temperaturas aplicando termopares a la parte más caliente del aparato. La temperatura debe considerarse constante cuando no haya variación entre tres mediciones sucesivas, tomadas a intervalos mínimos de diez minutos.

3.2.3 Potencial aplicado.

Esta prueba se realiza cuando el balastro se encuentra aún caliente, después de las pruebas de temperatura. Si se requiere realizar la prueba de Nivel Básico de aislamiento al impulso (NBI), ésta debe hacerse antes de la de potencial aplicado.

La prueba de potencial aplicado debe consistir en la aplicación, durante un minuto, de una tensión senoidal de 60 Hz, sin arquearse, de acuerdo a lo siguiente:

3.2.3.1 Balastros para servicio interior.

La aplicación de potencial alterno es entre los puntos que a continuación se describen:

- Entre cada devanado, o grupo de devanados interconectados eléctricamente, y el núcleo metálico o cubierta exterior; el potencial es de 1000 V más el doble de la tensión más elevada que se presente en el circuito del balastro.

- Entre cada uno de los devanados, o grupos de devanados interconectados eléctricamente, y todos los otros, así como la cubierta exterior, núcleo metálico y devanados que no están siendo probados a potencial; el potencial es de 1000 V más el doble de la tensión más elevada en cualquier devanado o grupo de ellos.

3.2.3.2 Balastros para servicio a la intemperie.

Se deben aplicar los mismos requisitos indicados en el punto 4.3.1, pero con una tensión de prueba no menor de 2500 V.

3.2.4 Resistencia de aislamiento.

Esta prueba se realiza a los balastros electromagnéticos de todo tipo, se verifica realizando la prueba indicada a continuación, utilizando el circuito de prueba mostrado en la figura 3.6, y se realiza inmediatamente después de la prueba de potencial aplicado.

Se aplica un potencial de corriente directa de 500 V, entre todas las partes vivas del balastro bajo prueba, unidas en un punto común, y la caja o parte metálica no viva pero que esté expuesta al tacto, tal como se muestra en la figura 3.6, utilizando un megóhmetro. Se registran los valores de la resistencia de aislamiento medida por medio del megóhmetro.



Fig. 3.6 Circuito de prueba para la medición de la resistencia de aislamiento.

3.2.5 Nivel Básico de aislamiento al Impulso (NBI).

Esta prueba se aplica a los balastros de VSAP y VM empleados en exteriores.

Se debe aplicar una onda normalizada de tensión de impulso de $1.2 \times 50 \mu s$, como se define en las normas, al balastro de prueba, según los procedimientos indicados en los siguientes párrafos para cada tipo de balastro.

3.2.5.1 Balastos tipo reactor, bajo factor de potencia.

El impulso se aplica entre la terminal de entrada del balastro y la terminal de la lámpara, con la terminal de la lámpara y el núcleo del balastro conectados a tierra como se indica en la figura 3.7.

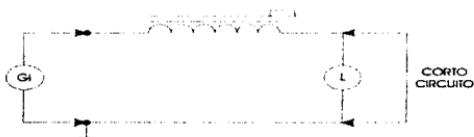


Fig. 3.7 Circuito de prueba de impulso para balastos tipo reactor.

3.2.5.2 Balastos tipo reactor, alto factor de potencia.

El balastro se prueba en la misma forma que el de bajo factor de potencia, **excepto que deben desconectarse los capacitores que se utilizan para corregir factor de potencia.**

Los capacitores se prueban por separado, como se indica en el punto 3.2.5.6.

3.2.5.3 Balastos tipo autotransformador, bajo factor de potencia.

Se debe aplicar lo siguiente:

- La prueba se efectúa entre la terminal de entrada de menor potencial y la terminal común, teniendo conectadas a tierra el núcleo y la terminal común como se indica en la figura 3.8.

- ❑ Lo mismo, excepto que la conexión a tierra debe hacerse en donde la terminal del generador de impulso está conectada a la terminal de entrada de menor potencial como se indica en la figura 3.9.

NOTA: Para balastos diseñados para operar con una fuente de alimentación conectada a tierra y cuando una de las terminales o puntas está específicamente marcada como tierra, no se aplica la segunda condición indicada.

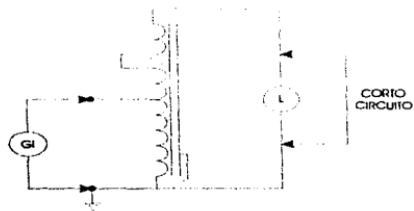


Fig. 3.8 1° circuito de prueba de impulso para balastos tipo autotransformador.

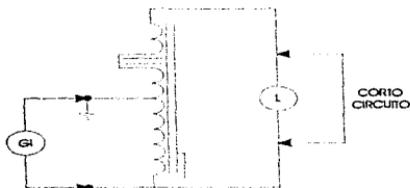


Fig. 3.9 2° circuito de prueba de impulso para balastos tipo autotransformador.

3.2.5.4 Balastros tipo autotransformador, alto factor de potencia.

Se debe aplicar lo siguiente:

- Cuando los capacitores que se utilizan para la corrección del factor de potencia se conectan a través de las terminales de entrada, el balastro se prueba en la misma forma que para el tipo de bajo factor de potencia, pero con los capacitores desconectados. Los capacitores se prueban separadamente, como se indica en 3.2.5.6.
- Los requisitos para balastros que utilizan capacitores para la corrección del factor de potencia conectados a través de una parte extendida del primario del autotransformador se encuentran en estudio.

3.2.5.5 Balastros tipo autotransformador en adelanto.

Se debe aplicar lo siguiente:

- La prueba se efectúa entre la terminal de entrada de menor potencial y la terminal común, teniendo conectados a tierra, el núcleo, los recipientes de los capacitores y la terminal común. Los capacitores deben estar conectados en el circuito en su posición normal, según la figura 3.10.
- Lo mismo, excepto que la conexión a tierra debe hacerse en donde la terminal del generador de impulso está conectada a la terminal de entrada de menor potencial, como se indica en la figura 3.11.

NOTA: Para balastros diseñados para operar con una fuente de alimentación conectada a tierra y cuando una de las terminales o puntas está específicamente marcada como tierra, no se aplica la segunda condición indicada.

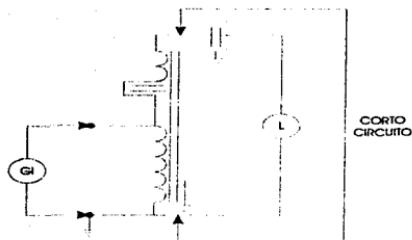


Fig. 3.10 1º circuito de prueba de impulso para balastos tipo autotransformador en adelante.

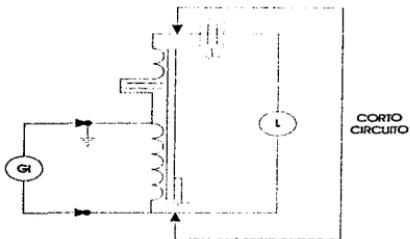


Fig. 3.11 2º circuito de prueba de impulso para balastos tipo autotransformador en adelante.

3.2.5.6 Capacitores utilizados en la entrada del balastro.

La prueba de cada capacitor se efectúa entre las terminales de entrada unidas y el recipiente, con dicho recipiente conectado a tierra como se indica en la figura 3.12.



Fig. 3.12 Circuito de prueba de impulso para capacitores usados para corrección de factor de potencia.

3.2.5.7 Balastos tipo transformador.

Los capacitores se conectan en el circuito en su posición normal de operación, y se aplican las siguientes condiciones:

- ❑ La prueba se efectúa entre las terminales de entrada, teniendo conectadas a tierra una terminal de entrada, el núcleo, el recipiente del capacitor y la terminal del devanado de salida que esté conectada a la lámpara, como se indica en la figura 3.13.
- ❑ Lo mismo, excepto que la terminal del generador de impulso conectada a otra terminal de salida es la que lleva la conexión a tierra, como se indica en la figura 3.14.
- ❑ Para balastos con primarios serie-paralelo, el requisito de NBI debe cumplirse para ambas formas de conexión.
- ❑ Para balastos con derivaciones en el devanado primario, los requisitos de NBI deben cumplirse cuando la onda de impulso se aplique entre cualquier terminal de entrada del primario y la terminal común, teniendo conectados a tierra, una terminal de entrada, el núcleo, el recipiente del capacitor y la terminal de salida que se conecte a la lámpara.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

- Lo mismo que se indica en el punto anterior, excepto que la terminal del generador de impulso conectada a otra terminal de salida es la que lleva la conexión a tierra.

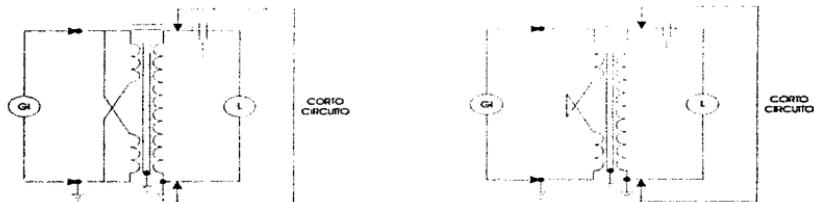


Fig. 3.13 1^{er} circuito de prueba de impulso para balastros tipo transformador.

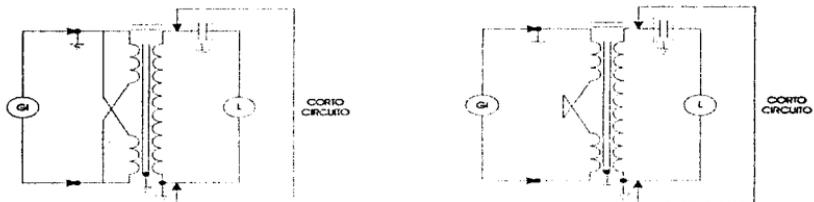


Fig. 3.14 2^o circuito de prueba de impulso para balastros tipo autotransformador.

3.2.6 Prueba de sobrecalentamiento (burnout).

Se opera el balastro continuamente a la tensión y frecuencia nominales de entrada, con el núcleo y encapsulado sólidamente conectados a tierra.

Las condiciones de operación para la prueba deben realizarse con las terminales de salida (terminales de lámpara) abiertas o en corto circuito.

Debe realizarse la operación continua durante 7 horas o hasta que se quemé.

El circuito en el cual se prueba el balastro debe protegerse con fusibles clase "H" no renovables, a un valor diez veces mayor de la corriente nominal de entrada del balastro o el siguiente valor más cercano, pero en ningún caso debe ser menor de 20 A.

La ruptura del fusible no debe ser considerado un resultado inaceptable.

CAPÍTULO 4

Pruebas a balastos para lámparas fluorescentes.

4.1 Pruebas de características eléctricas.

El acreditamiento de las pruebas de características eléctricas a balastos fluorescentes comprenderá las pruebas de funcionamiento que se describen a continuación.

4.1.1 Tensión de circuito abierto.

Esta prueba se realiza únicamente a los balastos que incorporan un transformador o uno o más devanados secundarios como parte del mismo.

Para realizar la prueba se opera el balastro a su frecuencia nominal y se mide la tensión V_{oc} entre las terminales de salida (lámpara), a la tensión de línea deseada.

Cuando los balastos operan con circuitos en paralelo, las mediciones de tensión para cada posición individual de lámpara deben efectuarse estando las posiciones restantes con y sin lámparas operando o en precalentamiento.

Para los balastos destinados a operar dos lámparas en serie (balastos secuencia-serie) se debe medir la tensión de circuito abierto de cada una de las posiciones de lámpara, teniendo una lámpara operable conectada en la otra posición, y habiendo estado fuera de uso una hora como mínimo.

Los balastos del tipo de arranque rápido tienen cuatro puntas terminales que se conectan a cada lámpara. En este caso la tensión de circuito abierto se debe medir entre las dos que den mayor lectura.

4.1.2 Corriente de arranque.

Esta prueba sólo se aplica a los balastos del tipo de arranque instantáneo.

Se conecta un resistor de prueba (según se especifica en las normas) en lugar de la lámpara, y se alimenta el balastro a la tensión deseada, tomándose la lectura de la corriente de arranque en la lámpara. En los balastos que operen varias lámparas se conecta el resistor de prueba en cada posición de lámpara cuando las otras posiciones estén conectadas a lámparas operables, excepto para los balastos diseñados para operar con lámparas de arranque instantáneo de 2.44 m de longitud, bulbo T-12, en serie. Además, si una o más de las posiciones de lámpara es tal que pueda arrancar y operar una lámpara, sin lámparas en las otras posiciones, se conecta el resistor en esta posición y se toman las lecturas.

En el caso de los balastos del tipo secuencia-serie operando dos lámparas de arranque instantáneo de 2.44 m de longitud, bulbo T-12, se conectan los resistores de prueba en las combinaciones indicadas en las normas.

4.1.3 Corriente de precalentamiento cátodos.

Esta prueba se realiza sólo a los balastos del tipo de arranque precalentado o con dispositivo arrancador.

Se conecta un amperímetro en serie con los cátodos de la lámpara mientras ésta es mantenida en su condición de precalentamiento, y se toman las lecturas.

4.1.4 Características de salida.

Esta prueba se efectúa para todos los tipos de balastos.

4.1.4.1 Balastos tipo de arranque con dispositivo arrancador y de arranque instantáneo.

Para estos tipos de balastos la salida está especificada en términos de la relación entre la potencia entregada a una lámpara de referencia y la potencia entregada a la misma por su reactor patrón. En dicha prueba la lámpara de referencia debe operarse alternativamente con el balastro bajo prueba y el reactor patrón. El circuito debe estar arreglado de tal manera que la lámpara de referencia pueda conmutarse del balastro bajo prueba al reactor patrón o viceversa sin que se extinga en la transferencia.

4.1.4.2 Balastos tipo de arranque rápido.

Para este tipo de balastos la salida se especifica en términos de la relación entre la cantidad de luz producida por una lámpara de referencia cuando es operada por el balastro bajo prueba y la cantidad de luz producida por la misma lámpara cuando se opera con el reactor patrón correspondiente.

En esta prueba no es necesario obtener mediciones fotométricas de las lámparas en términos de lúmenes absolutos producidos, ya que solamente se requieren mediciones comparativas de la brillantez de las lámparas.

La lámpara de referencia se debe operar primero con el reactor patrón alimentado a su tensión y frecuencia especificadas. Bajo estas condiciones y cuando la lámpara se ha estabilizado se mide con exactitud su brillantez; luego se transfiere al balastro bajo prueba sin que la misma se extinga, y nuevamente se mide su brillantez. Después se vuelve a transferir en

la misma forma la lámpara al reactor patrón para una verificación de los valores obtenidos anteriormente.

La fotocelda debe montarse a una distancia de la lámpara no menor de 25 cm y debe cubrirse con una envolvente de tal manera que sus lecturas no sean afectadas por alguna luz extraña. La celda se coloca dirigiéndola hacia la posición central de la lámpara recibiendo la luz procedente de aproximadamente 30 a 60 cm de la longitud de la superficie expuesta de la lámpara.

La envolvente debe tener un volumen suficiente para no afectar la temperatura de la lámpara debido a restricciones en la circulación del aire. Atras de la lámpara se debe colocar una superficie negra mate.

Antes de que se tomen las lecturas de la luz producida, la fotocelda debe estabilizarse exponiéndola durante 30 minutos a una luz de la misma intensidad a la que se espera entregará la lámpara. Durante este tiempo la celda debe estar conectada al circuito de medición de tal forma que fluya la corriente normal.

4.1.5 Regulación.

La determinación de la regulación de un balastro involucra solamente la medición de potencia suministrada a la lámpara o de luz producida por la lámpara a los valores de 90 y 110 porciento de la tensión de línea nominal. Esta medición se hace de la misma manera que se describe en el punto 4.1.4.

4.1.6 Corriente de lámpara.

Esta prueba es para todos los tipos de balastos.

Se debe medir la corriente de lámpara cuando está conectada al reactor patrón y cuando se conecta al balastro bajo prueba.

En el caso de que se conecte a cada cátodo de la lámpara una sola punta del balastro, como es el caso de los del tipo de arranque con dispositivo arrancador y los de arranque instantáneo, se conecta en serie con ésta a un ampérmetro convencional.

Quando se conectan a cada cátodo de la lámpara dos puntas terminales del balastro como en los del tipo de arranque rápido se requiere de instrumentos especiales que provean una suma vectorial de las corrientes en los dos puntos que van a un cátodo primario en conjunto con un ampérmetro convencional.

4.1.7 Factor de cresta.

La determinación del factor de cresta de corriente necesita la medición del valor pico de corriente y de la corriente rem. El factor de cresta se calcula como la relación entre el valor pico y el valor rem. Los métodos típicos para tomar las mediciones necesarias son como sigue:

- 1. Con un voltmetro pico que mida a través de una derivación de corriente con una resistencia (shunt) y un ampérmetro rem.**
- 2. Lecturas con osciloscopio a través de una derivación de corriente con una resistencia (shunt) y un ampérmetro rem.**

Los métodos descritos se ven con más detalle en las normas correspondientes.

4.1.8 Calentamiento suplementario de cátodos.

Esta prueba se efectúa para balastros del tipo de arranque con dispositivo arrancador y de arranque rápido.

4.1.8.1 Balastros tipo de arranque con dispositivo arrancador.

Esta prueba requiere únicamente la lectura del valor rcm de corriente suministrada a cada una de las terminales de cátodo de la lámpara.

4.1.8.2 Balastros tipo de arranque rápido.

En este tipo de balastros los circuitos de calentamiento de cátodos se deben comprobar conectando los resistores de carga simulada del valor apropiado a los mismos y tomando las lecturas correspondientes con el voltmetro.

Para los circuitos destinados a suministrar energía a dos cátodos en paralelo, el resistor de carga simulada debe ser de un valor igual a la mitad de aquellas para cátodo sencillo.

4.2 Pruebas de seguridad.

Las pruebas de seguridad aplicables a balastros fluorescentes, son las que se describen a continuación.

4.2.1 Protección contra choque eléctrico.

Estas pruebas se realizan para reducir o determinar los riesgos de choque eléctrico durante la operación y/o cambio de los balastos. Para ello se realizarán las siguientes pruebas:

4.2.1.1 Riesgo de descarga eléctrica (choque eléctrico).

Esta prueba no debe aplicarse a balastos tipo reactancia simple que sean operados como un circuito precalentado., o si se emplea con portalámparas con interruptor automático (típicamente de arranque instantáneo).

Se debe colocar el balastro como se muestra en la figura 4.1, energizando a la tensión de alimentación que marca la norma.

Para un balastro que opera una sola lámpara se debe remover ésta como se muestra en la figura 4.1. Para balastos que operan dos o más lámparas se debe retirar cada lámpara en orden, hacer la medición y volver a colocarla en el circuito. Se realiza la medición de corriente de la terminal de la lámpara y del portalámparas a través de una resistencia no inductiva de 500 Ω conectada a tierra.

Para un balastro no electrónico que opera una o más lámparas de 40 W, o lámparas de 1.22 m de encendido rápido marcadas 34/35 W, se debe además remover todas las lámparas, y medir las tensiones de todas las terminales y de todos los portalámparas accesibles a tierra para todas las condiciones.

Para los balastos electrónicos además se debe hacer la medición de descarga eléctrica parásita. Para ello se conecta el balastro de acuerdo con la figura 4.1, y se alimenta el balastro de acuerdo con la norma.

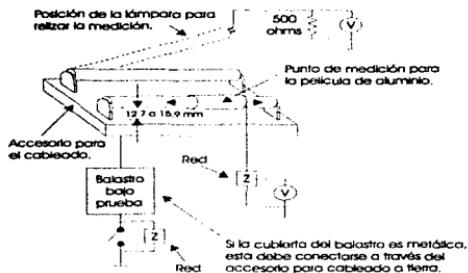


Fig. 4.1 Circuito de prueba para la medición de la tensión de riesgo de choque eléctrico.

Se coloca un pedazo de película de aluminio de 51 mm de ancho envolviendo la circunferencia de la lámpara. La envoltura se desplazará a lo largo de la lámpara según la muestra la figura 4.1. Se conecta una terminal proveniente de la envoltura al circuito de corriente de reacción mostrado en la figura 4.2. Se realiza la medición de la corriente a través de la resistencia de 200 Ω .

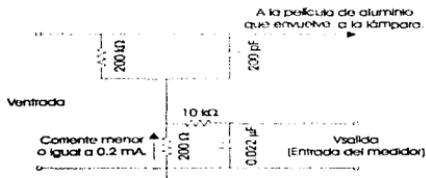


Fig. 4.2 Circuito para la corriente de red.

4.2.1.2 Corriente de fuga.

La corriente de fuga se refiere a todas las corrientes que pudieran ser conducidas entre las superficies conductoras expuestas de un balastro y tierra durante cualquier condición de operación.

Para realizar la prueba se deben conectar todas las partes metálicas en un punto común, de tal manera que a este punto se aplique la punta de prueba.

La corriente de fuga del balastro a tierra se medirá de acuerdo a lo descrito en la figura 4.3. Si el balastro no tiene superficies metálicas expuestas, se medirá poniendo una película de papel aluminio de 10×20 en contacto con la superficie.

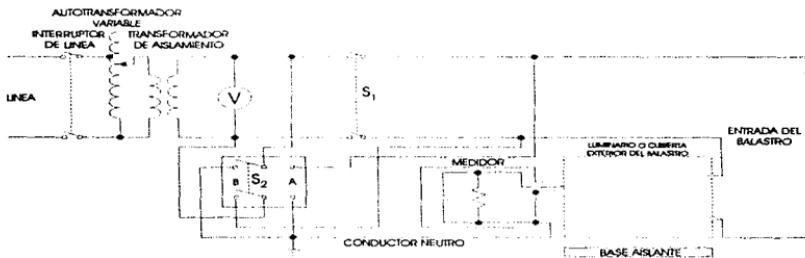


Fig. 4.3 Circuito de prueba para la medición de la corriente de fuga a tierra.

La secuencia para la prueba de corriente de fuga según el diagrama de la figura 4.3, será como se describe a continuación:

1. Con el interruptor S_1 abierto y con el interruptor S_2 en su posición intermedia, se cierra el interruptor de línea y se ajusta a la tensión de prueba.
2. Con el interruptor S_1 abierto, el interruptor S_2 es transferido a la posición A y se mide la corriente de fuga. El interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.
3. El interruptor S_2 se regresa a su posición intermedia (desconectado) y el interruptor S_1 se cierra; el interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga durante los primeros 5 segundos. Ahora se transfiere el interruptor S_2 a la posición B y la corriente de fuga se medirá durante los 5 primeros segundos después de la transferencia.
4. Con el interruptor S_2 en su posición intermedia, se opera el balastro hasta alcanzar el equilibrio térmico; entonces el interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga. Después el interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.
5. El interruptor S_2 se regresa a su posición intermedia y se desconecta el interruptor S_1 . El interruptor S_2 se transfiere a la posición A y se mide la corriente de fuga. El interruptor S_2 se transfiere a la posición B y se mide la corriente de fuga.

Para determinar la corriente de fuga se alimenta el circuito a su tensión nominal, y se reporta el valor más alto.

4.2.1.3 Riesgo de capacitores cargados.

Esta prueba se realiza a todos los tipos de balastos fluorescentes.

Si un capacitor está conectado de tal manera que alguna de las terminales externas del balastro pueda quedar energizada después de desconectarlo, la carga almacenada en el capacitor no debe exceder del valor establecido por norma. Para ello se va a medir este valor después de un minuto de haberse desconectado la fuente de alimentación.

4.2.2 Elevación de temperatura.

4.2.2.1 Condiciones para la prueba.

4.2.2.1.1 Condiciones eléctricas.

Esta prueba se aplica a todos los balastros fluorescentes.

La combinación de balastro y lámpara bajo prueba, debe operarse hasta que se establezca térmicamente bajo las condiciones eléctricas nominales.

4.2.2.1.2 Condiciones ambientales.

La temperatura ambiente del dispositivo completo bajo prueba debe ser $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, el cual se encuentra contenido dentro de una cámara. Esta cámara de temperatura se describe adecuadamente en las normas correspondientes.

4.2.2.1.3 Condiciones mecánicas.

El balastro de prueba debe ser puesto sobre un banco y soportado por dos bloques de madera (dando únicamente el soporte con las puntas) de no menos de dos pulgadas de alto, poniendo la muestra de tal manera que tenga el mejor enfriamiento por convección.

4.2.2.2 Métodos para la determinación de la temperatura.

La temperatura de los devanados se debe medir por el método de incremento de resistencia cuando ésta sea aplicable. La temperatura del capacitor se debe medir por el método del termopar. La estabilidad térmica del balastro bajo prueba se debe determinar por el método del termopar.

4.2.2.2.1 Método de resistencia.

El método de resistencia consiste en determinar las temperaturas comparando la resistencia de un devanado a la temperatura a determinar con la resistencia del mismo a una temperatura conocida.

Se debe medir primero la resistencia en frío (R_0), después de que el balastro se haya estabilizado térmicamente a la temperatura ambiente y sin haberse energizado. Se energiza el balastro y se conecta la carga correspondiente. Se determina el incremento de temperatura después de que el balastro se haya estabilizado térmicamente. Es necesario desenergizar el embobinado antes de realizar la medición de resistencia (R_1). El valor de la resistencia al corte (R_1) debe determinarse por la toma de varias lecturas de resistencia a intervalos cortos de tiempo tan prontamente posible, después del instante del corte. De ser posible, todas las lecturas de resistencia en caliente deben completarse en los cuatro minutos siguientes al corte de la alimentación. Si por cualquier razón esto no fuese posible, se debe reenergizar el balastro con su carga hasta que nuevamente se establezca térmicamente y en esa forma obtener las lecturas faltantes. El tiempo transcurrido entre el instante del corte y la toma de la primera lectura no debe exceder de 90 segundos, pero se recomienda que sea el tiempo mínimo posible después del corte. La temperatura del bobinado se determina por la comparación de la resistencia del mismo a la temperatura estabilizada contra la resistencia a la temperatura conocida (temperatura del laboratorio) de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$T_1 = \left[\frac{R_1}{R_0} \cdot (K + T_0) \right] - K$$

donde:

T_1 = Temperatura correspondiente en ° C a la resistencia en caliente R_1 .

T_0 = Temperatura correspondiente en ° C a la resistencia en frío R_0 .

K = Constante de temperatura por resistencia inferida-cero ($K = 234.5$ para cobre normalizado (100 %), $K = 225$ para el aluminio normalizado (61.2 %)).

4.2.2.2.2 Método de termopar.

El método del termopar consiste en determinar las temperaturas aplicando termopares a la parte más caliente del aparato. La temperatura debe considerarse constante cuando no haya variación entre tres mediciones sucesivas, tomadas a intervalos mínimos de diez minutos.

4.2.2.3 Elevación de temperatura normal.

El incremento de temperatura en los devanados se determina por medio del método de resistencia, para lo cual el balastro debe ser preparado especialmente, equipándose a modo que la resistencia de los devanados pueda medirse por separado.

El método de resistencia se aplica después de que el balastro se estabiliza térmicamente durante 8 horas dentro de la cámara de temperatura, momento en el cual se miden los valores iniciales.

El incremento de temperatura en el capacitor se determina por el método del termopar, colocando éste sobre la superficie del capacitor.

El incremento de temperatura en la cubierta exterior se determina por el método del termopar, utilizando 5 termopares colocados sobre la superficie de la caja del balastro.

4.2.2.4 Elevación de temperatura anormal.

Esta prueba se realiza de la misma forma que se indica en el punto anterior, pero bajo las condiciones de calentamiento anormal.

La condición de calentamiento anormal se define como aquella que se obtiene cuando una lámpara se ha quitado o esté en precalentamiento (de estas dos condiciones aquella que produzca la elevación más alta de temperatura, en cualquier devanado del balastro).

Durante las pruebas de elevación de temperatura normal y anormal no debe salir del balastro el compuesto sellador o cualquier otro material.

4.2.3 Potencial aplicado.

Esta prueba se realiza cuando el balastro se encuentra aún caliente, después de las pruebas de temperatura.

La prueba de potencial aplicado debe consistir en la aplicación, durante un minuto, de una tensión senoidal de 60 Hz, sin arquearse, de acuerdo a lo señalado en la tabla 4.1.

4.2.3.1 Balastos electromagnéticos e híbridos.

Para los balastos tipo reactor serie o autotransformador esta prueba se efectúa aplicando el potencial entre todas las partes metálicas vivas y todas las partes metálicas no vivas, pero que pueden quedar conectadas a tierra durante el funcionamiento del balastro.

Para los balastos tipo transformador de doble devanado esta prueba se efectúa aplicando el potencial en los siguientes puntos:

- Entre las partes metálicas vivas de los devanados primario y secundario.
- Entre el devanado primario y todas las partes metálicas no vivas pero que pudieran quedar conectadas a tierra.
- Entre el devanado secundario y todas las partes metálicas no vivas pero que pudieran quedar conectadas a tierra.

4.2.3.2 Balastos electrónicos.

Para este tipo de balastos esta prueba se efectúa aplicando el potencial entre las partes vivas del balastro y la caja.

4.2.4 Resistencia de aislamiento.

Esta prueba se realiza sólo a los balastos electromagnéticos de todo tipo, se verifica realizando la prueba indicada a continuación, utilizando el circuito de prueba mostrado en la figura 4.4, y se realiza inmediatamente después de la prueba de potencial aplicado.

BALASTROS ELECTROMAGNÉTICOS E HÍBRIDOS	
TIPO DE BALASTRO Y PUNTOS DE APLICACIÓN DEL POTENCIAL	TENSIÓN DE PRUEBA V_{pm}
Balastro serie o autotransformador.	$1000 + 2 V_{am}$
Transformador de doble devanado:	
- Entre partes vivas de los devanados primario y secundario.	$1000 + 2 V_{am}$
- Entre partes vivas del devanado primario y partes no vivas.	$1000 + 2 V_{nl}$
- Entre partes vivas del devanado secundario y partes no vivas.	$1000 + 2 V_{am}$
BALASTROS ELECTRÓNICOS	
TIPO DE BALASTRO Y PUNTOS DE APLICACIÓN DEL POTENCIAL	TENSIÓN DE PRUEBA V_{pm}
Circuitos que operan a 50 V o menos.	500
Circuitos que operan a más de 50 V.	$1000 + 2 V_{nl}$
Donde: V_{pm} = Tensión máxima de salida entre terminales del balastro.	
V_{nl} = Tensión nominal de línea.	

Talía 4.1 Valores mínimos de potencial aplicado para balastros.

Se aplica un potencial de corriente directa de 500 V, entre todas las partes vivas del balastro bajo prueba, unidas en un punto común, y la caja o parte metálica no viva pero que esté expuesta al tacto, tal como se muestra en la figura 4.4, utilizando un megóhmetro. Se registran los valores de la resistencia de aislamiento medida por medio del megóhmetro.



Fig. 4.4 Circuito de prueba para la medición de la resistencia de aislamiento.

4.2.5 Protección térmica.

Todos los balastos fluorescentes, a excepción de los del tipo reactor serie, deberán contar con un termoprotector de tal manera que abra el circuito de alimentación cuando la temperatura del balastro exceda los límites permitidos. En el caso de los balastos electrónicos, si cuentan con un circuito que limite las temperaturas permitidas, no necesita dicho protector.

El balastro con termoprotector deberá energizarse las condiciones nominales de operación y con las lámparas con que se obtenga la mayor potencia (en el caso de balastos que operen con diferentes lámparas), dentro del horno de prueba de temperatura y con las mismas condiciones descritas para dicha prueba, hasta su equilibrio térmico bajo condiciones normales. Posteriormente se somete a cada una de las condiciones de falla que se describen a continuación:

1. Se conectan en corto circuito las últimas 2 capas de una bobina con aislamiento entre capas (o el 20 % de las vueltas de una bobina con otro tipo de devanado) de la bobina primaria.
2. Se conectan en corto circuito las últimas 2 capas de una bobina con aislamiento entre capas (o el 20 % de las vueltas de una bobina con otro tipo de devanado) de la bobina secundaria.
3. Se conecta en corto circuito el capacitor de corrector de factor de potencia, siempre y cuando esto no conduzca a una condición de corto circuito del devanado primario del balastro.
4. Se hace operar en condición anormal.
5. Se conecta en corto circuito cualquier capacitor de tipo electrolítico.

Durante esta prueba debe conectarse un fusible de 20 A de acción retardada de tal manera que el fusible no abra antes de 12 s cuando conduce 40 A.

Se debe medir el tiempo que transcurre entre el momento en que la temperatura de la caja del balastro excede 110 °C hasta que opera el termoprotector o se alcanza la temperatura máxima.

La temperatura del capacitor de corrección de factor de potencia no debe exceder de 90 °C bajo cualquiera de las condiciones descritas, a menos que el capacitor esté diseñado para operar a una mayor temperatura.

Si la temperatura de la caja del balastro alcanza un valor de 110 °C o menos y permanece o empieza a disminuir, se puede discontinuar la prueba después de 1 hora de que alcanzó dicha temperatura.

CAPÍTULO 5

Acreditamiento de las pruebas de laboratorio.

5.1 Acreditamiento de laboratorios de pruebas.

¹Actualmente los laboratorios de pruebas juegan un papel importante para el desarrollo industrial de los países, porque estos son la base técnica de una serie de actividades vinculadas con la calidad, como son la investigación en el desarrollo de nuevos productos, procesos, sustitución de importaciones, así como para la evaluación de importaciones, o para la evaluación de la calidad de productos, materias primas, etc. Obviamente también incide en el comercio nacional ya que los consumidores, principalmente la industria de la transformación, exigen con mayor frecuencia una calidad certificada que necesariamente se verifica mediante la realización de pruebas de laboratorio.

Debido a esta importancia inminente que adquieren los laboratorios de pruebas se ha hecho necesario establecer sistemas que certifiquen que estos funcionan adecuadamente y que emiten resultados confiables. Derivado de esta necesidad, prácticamente los países en vías de desarrollo han establecido Sistemas de Acreditación.

5.2 SINALP.

En México, la instancia oficial capaz de otorgar un Certificado de Acreditamiento a un laboratorio de pruebas, es el Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (SINALP), siendo este un departamento de la Dirección General de Normas (DGN) de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI).

¹ Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, Cuadernos SECOFI, Serie Normas.

El SINALP fue creado el 21 de Abril de 1980 por Decreto Presidencial y se elevó a rango de Ley el 26 de Enero de 1985 en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, como apoyo gubernamental en los programas de desarrollo tecnológico y de comercialización.

El SINALP es un organismo de naturaleza mixta (oficial y privada) que tiene como propósitos: agilizar las transacciones comerciales a nivel internacional eliminando las barreras no arancelarias, optimar los recursos existentes y estimular el desarrollo industrial del país, mediante el reconocimiento y aceptación de resultados de pruebas obtenidas en laboratorios confiables, capaces de proporcionar la infraestructura necesaria para uso de quienes deseen mejorar y demostrar los niveles de calidad alcanzada en productos procesados.

Los laboratorios que obtienen el reconocimiento oficial a través del Acreditamiento, son aquellos que cumplen con una serie de requisitos que establece el sistema como son: organización, personal, equipo, calibración, control interno de calidad, etc. El cumplimiento de dichos requisitos se lleva a cabo mediante una rigurosa evaluación inicial y una serie de evaluaciones periódicas que demuestren la continuidad de su competencia.

5.2.1 Organización y funcionamiento del SINALP.

La inscripción al SINALP es de tipo voluntaria y su organización está diseñada para que se unifiquen los criterios y modos de operación de los diversos laboratorios del país.

La estructura funcional del sistema la conforman:

- La Dirección General de Normas, como unidad Rectora,
- los Comités de Evaluación, como unidad Evaluadora,
- los Laboratorios Acreditados, como miembros Activos.

La DGN es la encargada de coordinar los procedimientos administrativos del sistema en concordancia con prácticas internacionales y condiciones del país. Asimismo, es la encargada de otorgar el reconocimiento oficial a aquellos laboratorios que cumplen con los requisitos de operación establecidos por el SINALP, basados en los criterios definidos por la Conferencia Internacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas (ILAC).

Los Comités de Evaluación operan en forma autónoma como instrumentos de apoyo técnico y cada uno controla un área industrial determinada. Actualmente operan seis Comités en las siguientes áreas:

- Construcción.
- Eléctrica-Electrónica.
- Metal-Mecánica.
- Química.
- Textil y del Vestido.
- Alimentos.

Cada Comité de Evaluación cuenta con secciones de operación específica que llevan a cabo las funciones de evaluación a los laboratorios mediante la asesoría de un grupo de expertos denominados *evaluadores*, quienes visitan al laboratorio solicitante con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos del sistema; así como, asegurar y recomendar metodologías y/o procedimientos analíticos susceptibles de mejorar la calidad de las determinaciones que realice.

A través de estos Comités se lleva a cabo la promoción, difusión y aplicación de prácticas de trabajo uniformes y confiables en los laboratorios nacionales, y llevan como objeto lograr el reconocimiento de estos laboratorios a nivel regional, nacional e internacional.

5.2.2 Proceso de Acreditamiento.

El laboratorio interesado en obtener el Certificado de Acreditamiento que otorga la DGN, debe llevar a cabo el proceso de Acreditamiento que consiste en:

- Proporcionar la información que se requiere en las formas para la solicitud de Acreditamiento en original y dos copias y someterla por Oficialía de Partes de la DGN.**
- Cubrir el pago de derechos de Acreditamiento ante la Tesorería de la Federación conforme a lo estipulado en el artículo 73-C de la Ley Federal de Derechos vigente.**
- La evaluación del laboratorio, que se efectúa por evaluadores que son seleccionados de un grupo de especialistas en el tipo de trabajo que se realiza en el laboratorio.**
- La DGN proporciona al laboratorio el Dictamen de Acreditamiento, basándose en el informe de los evaluadores, mismo que es analizado y calificado en el seno del Comité.**
- El laboratorio acreditado recibe visitas postacreditamiento, para garantizar la continuidad en el cumplimiento de los requisitos de SINALP, por medio de visitas aleatorias o programadas.**

5.3 Criterios generales para el funcionamiento del laboratorio.

Los criterios generales que toma en cuenta el SINALP para evaluar un laboratorio de pruebas están basados en la Norma Oficial Mexicana NMX-CC-13, "Criterios Generales para el Funcionamiento de los Laboratorios de Pruebas", la cual cubre los siguientes puntos:

1. Gestión y Organización.
2. Personal.
3. Locales y equipo.
 - 3.1. Disponibilidad.
 - 3.2. Locales y condiciones ambientales.
 - 3.3. Equipos.
4. Procedimientos de trabajo.
 - 4.1. Métodos de prueba y procedimientos.
 - 4.2. Sistemas de Calidad.
 - 4.3. Informe de pruebas.
 - 4.4. Registros.
 - 4.5. Manejo de muestras u objetos presentados a pruebas.
 - 4.6. Confidencialidad y Seguridad.
 - 4.7. Subcontratación.

Para efectos de la evaluación, el SINALP toma estos puntos contenidos en la norma NMX-CC-13, y los agrupa en seis puntos denominados factores de evaluación:

1. Organización.
2. Recursos humanos.

3. Recursos técnicos.
4. Condiciones de instalaciones y ambiente.
5. Operación.
6. Información técnica y archivo.

A continuación se describen brevemente los factores de evaluación.²

5.3.1 Factor de Organización.

5.3.1.1 Definición del campo del laboratorio y políticas generales.

El Manual de Calidad del laboratorio debe estar apegado a las bases de operación del SINALP y a la norma NMX-CC-13.

Si el laboratorio forma parte de la organización de una empresa, puede tenerse en el manual de ella, lo requerido por el laboratorio.

El manual debe tener la identificación del laboratorio o empresa; puestos, nombres y firmas de quien elaboró, revisó y autorizó.

En el objetivo y alcance del laboratorio incluir que se darán servicios de prueba a terceros y se apoyará al SINALP.

² Extracto resumido de: Requisitos que deben satisfacer los laboratorios de pruebas para ser acreditados por el SINALP, 3^{er} Taller de Evaluadores, Noviembre de 1996.

5.3.1.2 Organigrama funcional.

El organigrama debe tener una definición clara de funciones y relaciones funcionales.

Se debe describir las funciones del laboratorio y de los diferentes puestos que lo integran.

Se deben definir las relaciones funcionales entre los diferentes puestos de la organización.

Se debe mantener un cuadro de organización donde se vea claramente la relación entre los diferentes puestos del laboratorio y las demás áreas de la organización.

Los puestos en los que pueda recaer la función de signatarios autorizados deben estar integrados a la operación del laboratorio y tener funciones de supervisión y control.

5.3.1.3 Definición de puestos.

Debe tenerse definidas las áreas de responsabilidad de cada puesto; tener descripciones o perfiles de puesto.

5.3.1.4 Lista de personal.

Se debe tener un listado indicando nombre, puesto, y firma de reconocimiento del personal. Cuando menos debe estar el personal del laboratorio, incluyendo a los involucrados en el Acreditamiento.

5.3.1.5 Procedimientos de control.

De inicio se debe contar con un procedimiento para la elaboración uniforme de los procedimientos necesarios para el sistema.

Se deben tener procedimientos para la operación del laboratorio, estableciendo en estos que tanto los manuales como los procedimientos y en general todos los documentos relacionados con el laboratorio y sus informes tendrán apego a las bases de operación, a la norma NMX-CC-13 y a otras normas aplicables, como normas de terminología, de productos, etc.

Todos los procedimientos deben estar en formato con identificación de la empresa y el laboratorio; tener No. de clave o de identificación; fecha; puestos, nombres y firmas de quien elaboró, revisó y aprobó.

Se debe tener un procedimiento de costos en el cual se manifieste el mecanismo y fórmulas para determinar los costos de las pruebas.

Se debe contar con un procedimiento de actualización de información que defina las directrices para dicha actualización, incluyendo los manuales de calidad, procedimientos, información técnica, etc.

Se debe establecer un procedimiento de comparación de resultados, en donde se muestre el mecanismo destinado a ello, incluyendo la comparación contra valores especificados o esperados, comparación entre resultados para una misma prueba con diferentes personas, diferentes equipos, diferentes condiciones, intercomparación entre diferentes laboratorios, comparaciones estadísticas, etc.

5.3.2 Factor de recursos humanos.

5.3.2.1 Currícula del personal.

Debe tenerse la currícula cuando menos de las personas que están nominadas para ser representante y signatarios autorizados. Deben estar al día, con fechas, con numeración correlacionada de páginas, con nombres y firmas de los titulares.

Se deben tener los expedientes actualizados de cada una de las personas del laboratorio, sin omitir a los que pueden ser signatarios autorizados. Certificados, diplomas, constancias de cursos y en general documentos que avales sus conocimientos y capacitación.

Debe existir correspondencia de la currícula del personal con los requisitos del puesto.

La rotación del personal debe ser razonable.

5.3.2.2 Cursos de capacitación, actualización, etc.

Debe contarse con los programas de capacitación personalizado en función de análisis de necesidades.

Deben cubrirse cursos de capacitación técnica y administrativa en temas afines al laboratorio: pruebas, normas, sistemas de calidad, SINALP, etc.

Los programas de capacitación deben estar calendarizados, con fecha de autorización, con puestos, nombres y firmas de quien elaboró, revisó y autorizó.

Deben conservarse evidencias de impartición de cursos, tales como listas de asistencia, evaluación de la capacitación y otras.

5.3.3 Factor de recursos técnicos.

5.3.3.1 Inventario de equipo.

Debe mantenerse al día la lista del equipo de pruebas y auxiliar, conteniendo la siguiente información: número de clave interno, descripción, marca, modelo y/o tipo, número de serie, intervalo o escalas de operación, resolución, exactitud, accesorios, uso o aplicación.

5.3.3.2 Control de equipo.

Los equipos deben estar físicamente identificados con el número de clave interno.

El equipo debe ser el señalado por las normas o satisfacer el uso al que está destinado.

Se debe contar con los instructivos del equipo, en español, con número de clave del equipo, en formatos con identificación de la empresa, con fecha, numeración correlacionada de páginas; con puestos, nombres y firmas de quien elaboró, revisó y autorizó.

Debe tenerse instructivos y programas de mantenimiento para los equipos de prueba y auxiliares, manteniendo evidencias de seguimiento en registros, controles o bitácoras.

Se debe mantener en todos los casos el registro y control de las calibraciones requeridas.

Debe tenerse el programa de calibración para todos los equipos de prueba, accesorios y auxiliares. Este debe estar en formatos con identificación de la empresa o laboratorio, teniendo número de clave del equipo, descripción, fecha de la última calibración, fecha de la siguiente calibración, laboratorio acreditado ante SNC³ que lo calibró.

³ Sistema Nacional de Calibración.

Los equipos calibrados deben ostentar una etiqueta que indique la fecha de calibración y la fecha de la siguiente calibración. Los equipos que no cumplan con la calibración deben ostentar una etiqueta que lo indique y retirarse de su uso hasta que sea ajustado o reparado y vuelto a calibrar.

El laboratorio debe tener los informes de calibración correspondientes a cada equipo en expedientes a propósito. Los equipos que hayan sido calibrados para usarse con factores de corrección, éstos deben usarse y estar accesibles en el equipo para su uso correcto.

El laboratorio debe llevar un registro histórico para cada equipo de su situación de calibración, mantenimiento y daños y reparaciones.

5.3.4 Factor de condiciones de instalación y ambiente.

5.3.4.1 Seguridad.

Las instalaciones del laboratorio deben reunir las condiciones de seguridad en lo relativo a:

Área suficiente.

Las áreas de prueba no deben ser de almacenamiento o de otros usos diferentes para los asignados.

Distribución espacial de equipos, cubículos, etc.

Debe tenerse separadas áreas de diferentes tipos de pruebas que puedan afectar equipos o materiales (eléctricas, físicas, químicas, térmicas, explosivas, etc.).

Extintores, rociadores, alarmas, etc.

Debe tenerse suficientes extintores instalados de acuerdo con las normas NOM emitidas por la STPS⁴, manteniendo evidencias de control y registro para los extintores.

Se debe contar con alarmas sonoras y luminosas con sistemas de impedimento de realización de pruebas si no están en funcionamiento, para pruebas peligrosas tales como de alta tensión, explosión, etc.

Se deben tener letreros de seguridad adecuados para las diversas pruebas y de rutas de evacuación, y prever un lugar de reunión para casos de incendio u otra conflagración.

Caretas, guantes, anteojos, pértigas, plataformas aislantes, etc.

Los procedimientos de prueba y los instructivos de equipo deben prever el uso de equipo de seguridad.

Debe tenerse accesibles los equipos de seguridad necesarios para las diferentes pruebas.

Debe capacitarse al personal del laboratorio para el buen uso y mantenimiento del equipo de seguridad.

Instalación de servicios: agua, electricidad, gas, vapor, aire a presión, etc.

Debe tenerse la identificación de tuberías de acuerdo con las normas NOM de la STPS.

⁴ Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

Debe tenerse tierra física en el laboratorio de acuerdo a lo establecido para ello en la norma NOM-001-SEMP. Hacerse mediciones periódicas del valor de resistencia a tierra, y darle mantenimiento, llevando registros o bitácoras al respecto. Los equipos de prueba de operación eléctrica deben conectarse a la tierra física.

5.3.4.2 Ambiente.

Se debe dar cumplimiento a las condiciones establecidas por las normas relativas a: temperatura, humedad, polvos o gases, ruidos, vibraciones.

Debe considerarse que los elementos citados pueden afectar los resultados de diversas pruebas, así como al personal que las realice.

5.3.5 Factor de operación.

5.3.5.1 Recepción de especímenes de prueba.

Debe contarse con un procedimiento de manejo de especímenes y muestras de terceros, desde su entrada hasta su salida, considerando el manejo adecuado para evitar daños o situaciones que pudieran afectar a los resultados. Prever condiciones ambientales de almacenaje temporal.

Debe tenerse una zona de almacenamiento para las muestras en sus diferentes etapas bajo las condiciones ambientales establecidas en el procedimiento.

Considerar en el procedimiento el registro y control de las muestras recibidas.

Debe identificarse las muestras de acuerdo a lo establecido en el procedimiento.

5.3.5.2 Programación y desarrollo de actividades.

Se deben tener los procedimientos para la realización de pruebas en los que se prevean las etapas o actividades a desarrollar para la realización de las mismas.

Se deben elaborar programas de trabajo con ayuda de los registros de entrada de muestras y los procedimientos de pruebas.

Se deben llevar controles y registros mediante firma de supervisores y jefes que revisan las actividades programadas.

Debe dejarse evidencia, mediante la revisión de los informes de prueba por parte de los supervisores o jefes durante la realización de las pruebas, de que hay seguimiento con lo establecido en normas y procedimientos.

Los registros de resultados deben tener apego a simbología y terminología establecidas en las normas de prueba y otras aplicables como la NOM-008-SCFI.

5.3.5.3 Verificación de resultados.

Debe tenerse un procedimiento donde se indiquen las directrices para verificar resultados, sobre todo por los jefes o supervisores quienes podrán ser signatarios autorizados. Se tendrán también las evidencias de que quien supervisa los programas ha hecho esta actividad.

5.3.5.4 Informe de resultados.

Estos corresponden a los informes finales que se preparan para el solicitante de servicios de prueba, el cual en muchos casos se hace tomando los datos de los informes que se elaboran durante las pruebas, y en otros, los mismos informes de pruebas sirven como informes finales.

Los informes deben cumplir con la simbología y terminología normalizadas; deben tener identificación de la empresa o laboratorio; tener puesto, nombre y firma de quien elaboró, revisó y autorizó; deben estar fechados y tener numeración correlacionada de hojas; y deben ostentar leyendas alusivas a que "solamente ampara las muestras probadas", y que "se prohíbe su reproducción total o parcial sin la autorización escrita del laboratorio".

Los elementos mínimos que debe tener el formato son: objetivo, método de prueba, equipo empleado, desarrollo de la prueba, resultados e interpretación.

Deben establecerse políticas escritas de confidencia y prever que los involucrados firmen un código de ética y confidencialidad. El acceso al laboratorio debe ser restringido para ayudar a mantener la confidencia. Los informes emitidos no deben llevar copia para ninguna persona, salvo las que se requieran por el propio solicitante, por la DGN, o por un Organismo Certificador, cuando con ese fin se haya solicitado el servicio.

5.3.6 Factor de información técnica y archivo.

5.3.6.1 Normas.

El laboratorio debe disponer de un archivo actualizado de las normas relativas a las pruebas y métodos de prueba. Estas deben estar controladas en archivos adecuados, con índice de ellas. Cuando menos debe tenerse las normas involucradas en el Acreditamiento y otras

aplicables derivada de esta misma actividad, como son las normas del Sistema Internacional de Unidades, de nomenclatura y terminología técnica, de sistemas de calidad, de Acreditamiento de laboratorios, de Metrología, etc. Las normas deben estar vigentes.

Debe haber un procedimiento para la actualización periódica de las normas. Este debe incluir quienes son los responsables de la actualización, los mecanismos de obtención y fuentes de información, tales como consulta en el Diario Oficial de la Federación, suscripción a Organismos de Normalización, participación en grupos de normalización, suscripción a Organismos de Informática, etc.

5.3.6.2 Archivos de trabajos desarrollados.

Para los laboratorios que aún no están acreditados, cuando menos deben tener los procedimientos que sean necesarios para manejar los archivos de los trabajos desarrollados.

Los registros deben permitir que haya trazabilidad hacia toda la documentación involucrada hasta la solicitud de servicio de pruebas.

Debe estar accesible solamente a los signatarios y personal exclusivamente involucrado en las pruebas, considerando que estos deben actuar con base en la confidencialidad mencionada en el factor anterior.

El lugar de archivo debe garantizar que la información se mantendrá protegida contra daños diversos y contra desaparición de la información.

Es importante tener archiveras bajo llave y controlando el acceso de personal ajeno al laboratorio.

Se debe establecer en procedimientos el tiempo de conservación considerando la necesidad de mantener la información como referencia para futuras pruebas, para aclaraciones con el solicitante del servicio, para aclaraciones con DGN u Organismos Certificadores, para efectos de evaluaciones del SINALP y otras.

5.4 Normalización aplicable para pruebas de balastos de DAI.

Las pruebas a realizarse a balastos de DAI se van a sustentar en base a normas relativas al tipo de balastro de que se trate.

En este caso vamos a utilizar tanto normas nacionales como extranjeras para avalar los procedimientos de prueba que se contemplan en los capítulos relacionados. Para ello se va a hacer una separación de las pruebas tomando en cuenta la clase o tipo de las mismas. Esto es, se va a clasificar las pruebas en los dos tipos siguientes:

5.4.1 Pruebas de características eléctricas.

Este tipo de pruebas se realizan al balastro para conocer si este va a proporcionar, tanto en el lado de lámpara como de línea, los requisitos necesarios para el encendido, calentamiento y operación de las lámparas.

Las características eléctricas a probar se establecen en las siguientes normas del producto:

NMX-J-230-1981 Métodos de medición en balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión.

ANSI C82.6-1985 For reference Ballasts for High-Intensity-Discharge Lamps —Methods of Measurement.

5.4.2 Pruebas de seguridad.

Este tipo de pruebas se realizan a los balastos para conocer si su operación, tanto en condiciones normales o anormales, es la adecuada y si este podrá soportar los esfuerzos por efecto de la temperatura que adquiere; así también, se determina el riesgo que existe de tener una descarga eléctrica al tocar alguna parte del balastro, y para determinar si se tendrá una operación adecuada al aterrizar el mismo.

Las características a probar se establecen en las siguientes normas de producto:

NMX-J-230-1981 Métodos de medición en balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión.

NOM-058-SCFI-1994 Productos eléctricos —Requisitos de seguridad para balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas.

ANSI C82.6-1985 For reference Ballasts for High-Intensity-Discharge Lamps —Methods of Measurements.

ANSI/UL 1029-1986 Standard for High-Intensity-Discharge Lamp Ballasts.

CAN/CSA-C22.2 No. 74-92 Equipment for Use With Electric Discharge Lamps.

Cabe aclarar que en las normas de producto se encuentra contenido el método o procedimiento de prueba básicamente, y en estas mismas se hace referencia a otras normas

auxiliares o complementarias a las cuales se recurrirá para obtener otro tipo de información más específica, la cual no se encuentra contemplada a detalle en la norma de producto.

5.5 Normalización aplicable para pruebas de balastos fluorescentes.

Las pruebas a realizarse a balastos fluorescentes se van a sustentar en base a normas relativas al tipo de balastro de que se trate.

En este caso también se va a utilizar tanto normas nacionales como extranjeras para avalar los procedimientos de prueba que se contemplan en los capítulos relacionados. Para ello se va a hacer una separación de las pruebas tomando en cuenta la clase o tipo de las mismas. Esto es, se va a clasificar las pruebas en los dos tipos siguientes:

5.5.1 Pruebas de características eléctricas.

Este tipo de pruebas se realizan al balastro para conocer si este va a proporcionar, tanto en el lado de lámpara como de línea, los requisitos necesarios para el encendido, calentamiento y operación de las lámparas.

Las características eléctricas a probar se establecen en las siguientes normas del producto:

- | | |
|------------------------|---|
| NMX-J-198-1977 | Métodos de medición en balastos para lámparas fluorescentes. |
| ANSI C82.2-1984 | For Fluorescent Lamp Ballasts —Methods of Measurement. |

5.5.2 Pruebas de seguridad.

Este tipo de pruebas se realizan a los balastos para conocer si su operación, tanto en condiciones normales o anormales, es la adecuada y si este podrá soportar los esfuerzos por efecto de la temperatura que adquiere; así también, se determina el riesgo que existe de tener una descarga eléctrica al tocar alguna parte del balastro, y para determinar si se tendrá una operación adecuada al aterrizar el mismo.

Las características a probar se establecen en las siguientes normas de producto:

- NMX-J-198-1977 Métodos de medición en balastos para lámparas fluorescentes.
- NOM-058-SCFI-1994 Productos eléctricos —Requisitos de seguridad para balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas.
- ANSI C82.2-1984 For Fluorescent Lamp Ballasts --Methods of Measurements.
- ANSI/UL 935-1992 Standard for Fluorescent-Lamp Ballasts.
- CAN/CSA-C22.2 No. 74-92 Equipment for Use With Electric Discharge Lamps.

Cabe aclarar que en las normas de producto se encuentra contenido el método o procedimiento de prueba básicamente, y en estas mismas se hace referencia a otras normas auxiliares o complementarias a las cuales se recurrirá para obtener otro tipo de información más específica, la cual no se encuentra contemplada a detalle en la norma de producto.

CAPÍTULO 6

Acondicionamiento de pruebas a balastos en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es precisamente la implementación de las pruebas a balastos mencionadas en los capítulos anteriores. Para ello se aprovecharon los recursos existentes en el laboratorio de Ingeniería Eléctrica de la Facultad, donaciones de equipos auxiliares hechos por la industria privada, y otros dispositivos construidos para tal fin.

Con esto se completó el equipo necesario para realizar las pruebas más importantes que se realizan en la actualidad a los balastos (de descarga de alta intensidad y fluorescentes), tanto en el aspecto de seguridad (pruebas obligatorias) como en calidad (pruebas opcionales). Cabe mencionar que no se realizará la totalidad de las pruebas comprendidas en este trabajo, debido principalmente a la falta de equipo de medición especial necesario para algunas pruebas en particular. Aún con esto las pruebas que se pueden realizar con el equipo existente cubren la mayoría de los requerimientos que se necesitan conocer en este tipo de producto.

6.1 Condiciones de instalación y ambiente.

Se destinó un área especial para la realización de las pruebas, la cual aunque no cubre en su totalidad las condiciones requeridas por norma, puede ser utilizada como válida dada la consideración de que el fin que se persigue en este momento es meramente didáctico. Este es un espacio con acceso cerrado con mesas de trabajo en donde se montará el equipo de prueba que es en su totalidad portátil. Las condiciones de temperatura (que son las más importantes en las normas en cuanto a condiciones ambientales se refiere) serán las establecidas por el medio existente, ya que este espacio se encuentra libre y no puede controlarse dicha temperatura por no ser un espacio cerrado. El hecho de estar dentro de las instalaciones de la Facultad, facilita la amortiguación de las oscilaciones bruscas en los cambios de condiciones de ambiente.

6.2 Equipo de medición.

El equipo de medición existente no es el adecuado para todas las pruebas. Las mediciones de tensión y corriente en la salida de los balastos necesitan ser hechas con aparatos que sean rem verdadero, debido a que estas ondas eléctricas se encuentran deformadas debido a la acción de utilizar circuitos electromagnéticos, los cuales son los tipos más comunes que se fabrican en nuestro país.

Así también, en un sentido estricto de apego a las normas y al Sistema de Acreditamiento, deben utilizarse aparatos calibrados en laboratorios pertenecientes al Sistema Nacional de Calibración (SNC).

Además muchos de estos equipos de medición no cumplen con las tolerancias o resoluciones establecidas en cuanto a impedancias de entrada y/o salida, tensiones, corriente, potencia, etc.

6.3 Equipo auxiliar construido.

Se construyó un tablero de pruebas, el cual nos servirá para realizar las conexiones entre el balastro y la o las lámparas, con la ventaja de tener puntos en los cuales se podrá interconectar los equipos de medición sin tener que mover ninguna parte del circuito del balastro. Con esto se logra tener versatilidad en las conexiones dado que estando ya conectado el circuito, se podrán realizar múltiples mediciones modificando solamente las terminales de los aparatos de medición.

Se tiene también un circuito para la prueba de corriente de fuga tanto para balastos de DAI como fluorescentes. En este circuito se contemplan un capacitor y una resistencia que van

a proporcionar al aparato de medición la impedancia requerida por norma al realizar dicha prueba. Este aparato facilita la conexión del circuito de prueba dado que dos de las terminales se conectan a la línea, otras dos a la alimentación del balastro, una más a tierra y la última se utiliza como punta de prueba.

Se hizo además un tablero con cinco resistencias hechas con la combinación de resistores comerciales para dar los valores requeridos para prueba de corriente de arranque para balastos fluorescentes. Cada resistencia cuenta con bornes o terminales a cada lado para facilitar su conexión al circuito de prueba.

Se tiene también una resistencia no inductiva (resistencia de carbón) de 500 Ω para utilizarlo en las pruebas de tensión de riesgo de choque eléctrico para balastos fluorescentes. Asimismo se encuentra en un tablero con bornes a cada lado para facilitar su conexión.

Se construyó un circuito para la medición de corriente de red para balastos fluorescentes electrónicos. Este cuenta con bornes de conexión en un tablero, con el diagrama del circuito impreso al frente para la mejor localización de los puntos de conexión tanto al circuito como al aparato de medición y la punta de prueba.

Se hizo una punta atenuadora de tensión con relación 1000:1 para las pruebas de parámetros del pulso de encendido para algunos tipos de balastos de DALI. Esta se realizó con un divisor de tensión resistivo, hecho con componentes de la capacidad adecuada para dichas mediciones.

Tenemos también una resistencia no inductiva para la medición del factor de cresta de la onda de corriente de lámpara en balastos de DALI y fluorescentes.

Se realizaron también unas bases para sostener los diferentes tipos de lámparas fluorescentes, así como para las lámparas de DALI.

Además se van a utilizar cables con terminales tipo banana y caimán para realizar las conexiones entre los diferentes equipos a utilizar para el armado de los circuitos de prueba. Se tienen también cables con terminales tipo “plug” para las conexiones de los aparatos de medición al tablero de pruebas. Y cables con terminales especiales para la conexión de un osciloscopio.

Por último se compraron un capacitor de 0.5 μF para conectarlo en la alimentación como filtro de altas frecuencias, y un capacitor de 20 pF para la pruebas del pulso de encendido de algunos tipos de balastos de DALI.

6.4 Pruebas a realizar.

Como se mencionó anteriormente no se realizarán todas las pruebas que se describieron en los capítulos anteriores. Esto es debido a la falta de equipo especial, el cual no puede ser sustituido o acoplado con algún otro existente en el laboratorio, como son un termómetro con termopares tipo J o K para pruebas de temperatura, una cámara de temperatura para prueba de balastos fluorescentes, un osciloscopio con memoria para pruebas de parámetros de sostenimiento de carga pico para balastos de DALI, una medidor de armónicas para el análisis de la fuente de alimentación, un luxómetro para medir cantidad de luz, etc.

A continuación se describen tanto las pruebas a realizar como las pruebas que no pueden ser hechas, mencionando también el equipo a utilizar para cada prueba, así como el equipo necesario que no exista, pensando en su adquisición futura.

BALASTROS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD		
PRUEBAS ELÉCTRICAS	REALIZABLE	EQUIPO
Circuito de alimentación (encendido).	✓	E1, E2.
Circuito de alimentación (operación).	✓	E1, E2, E3.
Circuito de salida (encendido).	✓	2 E1, E4.
Circuito de salida (operación)	✓	2 E1, E2, E3.
Pendiente y tiempo de desconexión.	✗	E1, E5, EA1.
Sobrepaso de corriente.	✗	E1, E6, EA2.
Tensión de sostenimiento.	✗	E1, E5, EA1, EA3.
Amplitud de pulso.	✓	E1, E6, EA4, EA5, EA6.
Ancho de pulso.	✓	E1, E6, EA4, EA5, EA6.
Repeticiones de pulsos.	✓	E1, E6, EA4, EA5, EA6.
Posición de pulso.	✓	E1, E6, EA4, EA5, EA6.
Límites de operación de la lámpara.	✗	2 E1, E2, E3, EA7, EA8.
Regulación.	✓	2 E1, 2 E3, EA9.
Tensión de extinción.	✓	E1.
Factor de cresta.	✗	E1, E2, E4, EA10.
Pérdidas.	✓	E1, 2 E3.
Factor de potencia.	✓	E1, E2, E3.
PRUEBAS DE SEGURIDAD	REALIZABLE	EQUIPO
Corriente de fuga.	✓	E1, E7, EA11.
Riesgo de capacitores cargados.	✓	2 E1.
Elevación de temperatura.	✗	E1, E8, E9.
Potencial aplicado.	✗	E10.
Resistencia de aislamiento.	✓	E11.
Nivel Básico de aislamiento al impulso.	✗	E12.
Sobrecalentamiento (burnout).	✓	E1

Tabla 6.1 Equipo vs. pruebas para balastros de DAL.

BALASTROS FLUORESCENTES		
PRUEBAS ELÉCTRICAS	REALIZABLE	EQUIPO
Tensión de circuito abierto.	✓	2 E1.
Corriente de arranque.	✓	E1, E13, EA12.
Corriente de precalentamiento de cátodos.	✓	E1, E2.
Características de salida.	✗	E1, E3, E14.
Regulación.	✓	E1, E3.
Corriente de lámpara.	✓	E1, E15.
Factor de cresta.	✗	E1, E2, E4, EA10.
Calentamiento suplementario de cátodos.	✓	E1, E2.
PRUEBAS DE SEGURIDAD	REALIZABLE	EQUIPO
Riesgo de descarga eléctrica.	✓	E1, E16, EA13, EA14.
Corriente de fuga.	✓	E1, E7, EA11.
Riesgo de capacitores cargados.	✓	2 E1.
Elevación de temperatura normal.	✗	E1, E8, E9, EA15.
Elevación de temperatura anormal.	✗	E1, E8, E9, EA15.
Potencial aplicado.	✗	E10.
Resistencia de aislamiento.	✓	E11.
Protección térmica.	✗	E1, E8, E9, EA15.

Tabla 6.2 Equipo vs. pruebas para balastros fluorescentes.

EQUIPO DE MEDICIÓN		
CÓDIGO	EXISTENCIA	DESCRIPCIÓN
E1	✓	Vóltmetro de c. a. rem verdadero, 0-150/300 V.
E2	✓	Ampérmetro de c. a. rem verdadero, 0-5/10 A.
E3	✓	Wattmetro, 0-1000 W.
E4	✗	Vóltmetro de lecturas pico, 0-1000 V.
E5	✗	Osciloscopio con memorias.
E6	✓	Osciloscopio convencional.
E7	✓	Ampérmetro de c. a. rem verdadero, 0-5 mA.
E8	✗	Termómetro con termopares tipo J o K, 0-600 °C.
E9	✓	Óhmetro, 0-10 Ω.
E10	✗	Probador de rigidez dieléctrica.
E11	✓	Medidor de resistencia de aislamiento.
E12	✗	Generador de impulso de $1.2 \times 50 \mu\text{s}$.
E13	✓	Ampérmetro de c. a. rem verdadero, 0-500 mA.
E14	✗	Luxómetro con fotocelda de capa obstaculizadora (óxido de Cu).
E15	✓	Ampérmetro de gancho de c. a. rem verdadero, 0-5/10 A.
E16	✓	Vóltmetro de c. a. rem verdadero, 0-50 V.

Tabla 6.3 Código del equipo de medición.

EQUIPO AUXILIAR		
CÓDIGO	EXISTENCIA	DESCRIPCIÓN
EA1	X	Resistor no inductivo, $5 \Omega \pm 2\%$, 100 W.
EA2	X	Resistor no inductivo, $1 \Omega \pm 2\%$, 100 W.
EA3	X	Puntas diferenciales para osciloscopio.
EA4	✓	Capacitor, 0.5 μF de alta respuesta en frecuencia, 600 V.
EA5	✓	Capacitor, 20 μF , 5000 V.
EA6	✓	Punta atenuadora para osciloscopio, 1000:1.
EA7	X	Reactor variable.
EA8	X	Reóstato, 5 Ω , 10 A.
EA9	X	Reflectores de cuarzo, 3000 W.
EA10	✓	Resistencia no inductiva, 0.1 Ω , 10 A.
EA11	✓	Circuito de corriente de fuga.
EA12	✓	Resistores para corriente de arranque.
EA13	✓	Resistencia no inductiva, 500 Ω , 2 W.
EA14	✓	Circuito de corriente de red.
EA15	X	Cámara de prueba de temperatura.

Tabla 6.4 Código del equipo auxiliar de pruebas.

Las pruebas mencionadas anteriormente se van a realizar tomando en cuenta los procedimientos de prueba establecidos en este trabajo, y utilizando también las normas correspondientes al tipo de prueba de que se trate. Se debe aclarar que para la realización de las pruebas de manera estricta en un laboratorio acreditado por SINALP, se debe contar con todos los recursos e información concernientes a su Sistema de Calidad, tal como se describe en el Capítulo 5. En este momento se requiere únicamente la disponibilidad de realizar las pruebas que sean posibles, utilizando los recursos del laboratorio de Ingeniería Eléctrica aunado a los equipos complementarios que sean de fácil acceso y puedan ser construidos sin complicaciones mayores; motivo por el cual no se ahondó en el establecimiento de un Sistema de Calidad apropiado.

6.5 Pruebas experimentales.

Ya con el equipo adecuado, el equipo auxiliar construido, y las instalaciones preparadas o adecuadas a la realización de las pruebas, se procedió a probar toda esta infraestructura por medio de la realización de cada una de las pruebas realizables. Con ello se observaron y corrigieron las desviaciones o defectos existentes en el montaje y dispositivos de prueba. Por lo cual se concluyó de esta manera la parte práctica del laboratorio de pruebas de balastos, al quedar en operabilidad todos los dispositivos y equipos empleados.

Las pruebas mencionadas anteriormente se van a realizar tomando en cuenta los procedimientos de prueba establecidos en este trabajo, y utilizando también las normas correspondientes al tipo de prueba de que se trate. Se debe aclarar que para la realización de las pruebas de manera estricta en un laboratorio acreditado por SINALP, se debe contar con todos los recursos e información concernientes a su Sistema de Calidad, tal como se describe en el Capítulo 5. En este momento se requiere únicamente la disponibilidad de realizar las pruebas que sean posibles, utilizando los recursos del laboratorio de Ingeniería Eléctrica aunado a los equipos complementarios que sean de fácil acceso y puedan ser construidos sin complicaciones mayores; motivo por el cual no se ahondó en el establecimiento de un Sistema de Calidad apropiado.

6.5 Pruebas experimentales.

Ya con el equipo adecuado, el equipo auxiliar construido, y las instalaciones preparadas o adecuadas a la realización de las pruebas, se procedió a probar toda esta infraestructura por medio de la realización de cada una de las pruebas realizables. Con ello se observaron y corrigieron las desviaciones o defectos existentes en el montaje y dispositivos de prueba. Por lo cual se concluyó de esta manera la parte práctica del laboratorio de pruebas de balastos, al quedar en operabilidad todos los dispositivos y equipos empleados.

CONCLUSIONES

En este proyecto se encuentran reunidos los elementos necesarios para la construcción y acreditamiento de un laboratorio de pruebas de balastos, que aunque carece de algunos pormenores técnicos debido a la amplitud de los temas involucrados, se encuentran establecidas las partes básicas para que cualquier persona interesada en esta rama de la Ingeniería Eléctrica pueda realizar este tipo de pruebas encaminadas al desarrollo de la investigación científica en los laboratorios de pruebas.

Desde el inicio del trabajo, fue la intención principal el estimular el crecimiento en el interés de la gente de Ingeniería, sean estudiantes o Ingenieros, encauzada a este tipo de trabajo, con el fin de lograr un mejor desarrollo en este campo.

Es indiscutible la importancia que tiene la teoría relacionada en cuanto a este tipo de pruebas, dado que se encuentran mezclados tanto los conceptos básicos de Ingeniería, como información que no es de fácil acceso o de uso común.

Toda esta teoría se ve después reflejada en la implementación de los equipos de prueba, lo cual ayuda a reafirmar los conceptos fundamentales aprendidos y a tomar en cuenta muchas variables que en un principio no eran de tanta importancia, pero que al final algunas de ellas fueron fundamentales para el buen funcionamiento de los circuitos de prueba.

Es importante mencionar también la relevancia que tiene la normalización de pruebas, ya que según lo observado es parte fundamental del desarrollo profesional en muchos ámbitos de la Ingeniería en general; y es algo de lo que uno como estudiante no percibe o aprecia claramente hasta que se enfrenta a ello. En cuanto al acreditamiento que otorga el SINALP, la parte básica es el apoyo de las pruebas de laboratorio en las normas correspondientes, ya que estas controlan y encauzan el desarrollo de las mismas para que estas sean repetibles. También

contempla la implantación de un Sistema de Calidad que se basa en las normas enfocadas al Control de la Calidad de los laboratorios de pruebas.

Se aprecia que en el sistema comercial establecido en nuestro país se da mayor importancia a los requisitos de seguridad para el usuario de estos productos, pero también son importantes los aspectos de la calidad del producto, dado que aunque las normas relativas a este respecto sean opcionales, la mayoría de los consumidores de balastos exigen la realización de las mismas.

La enseñanza principal al término de este trabajo es la susceptibilidad de realizar proyectos de Ingeniería enfocados al desarrollo de la ciencia y tecnologías necesarias para el mejor desenvolvimiento de la industria de nuestro país.

BIBLIOGRAFÍA

- ❑ **Guide to High-Intensity-Discharge Lamps, PHILIPS, 1991.**
- ❑ **Pocket Guide to Fluorescent Lamp Ballasts, ADVANCE, 1987.**
- ❑ **Electronic Ballast Fundamentals, MOTOROLA, 1992.**
- ❑ **Instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, NOM-001-SEMP-1994.**
- ❑ **Productos eléctricos- Requisitos de seguridad para balastos para lámparas de descarga eléctrica en gas, NOM-058-SCFI-1994.**
- ❑ **Métodos de medición en balastos para lámparas fluorescentes, NMX-J-198-1977.**
- ❑ **Métodos de medición en balastos para lámparas de vapor de mercurio en alta presión, NMX-J-230-1981.**
- ❑ **Criterios Generales para el Funcionamiento de los Laboratorios de Pruebas, NMX-CC-13-1992.**
- ❑ **For Fluorescent Lamp Ballasts-- Methods of Measurements, ANSI C82.2-1984.**
- ❑ **For Reference Ballasts for High-Intensity-Discharge Lamps-- Methods of Measurements, ANSI C82.6-1985.**
- ❑ **Standard for Fluorescent-Lamp Ballasts, ANSI/UL 935-1992.**

- ❑ **Standard for High-Intensity-Discharge Lamp Ballasts, ANSI/UL 1029-1986.**
- ❑ **Equipment for Use with Electric Discharge Lamps, CAN/CSA-C22.2 No. 74-92.**
- ❑ **Sistema Nacional de Acreditamiento de Laboratorios de Pruebas, Cuadernos SECOFI, Serie Normas.**
- ❑ **Directrices Generales para evaluar la Competencia Técnica de los Laboratorios de Pruebas, Instructivo No. 1, SINALP-DGN.**
- ❑ **Requisitos que deben satisfacer los laboratorios de pruebas para ser acreditados por el SINALP, 3er Taller de Evaluadores, Noviembre de 1996.**