



REPÚBLICA DE CUBA

Manuales
Aeronáuticos
Cubanos

**MANUAL DE PROYECTO
DE SISTEMAS ELECTRICOS
DE AERODROMOS**

**INSTITUTO DE AERONÁUTICA CIVIL DE CUBA
IACC**



MANUAL DE SISTEMAS ELECTRICOS DE AERODROMOS

SEGUNDA EDICIÓN – Febrero 2011

INSTITUTO DE AERONÁUTICA CIVIL DE CUBA

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1 Finalidad.

- 1.1.1 Para garantizar la regularidad y seguridad de la aviación es necesario que la iluminación y ayudas para la radionavegación de los aeródromos tengan un elevado grado de integridad y confiabilidad. Se considera que es extraordinariamente baja la probabilidad de falla, en un momento crítico, si la iluminación y las radioayudas están bien proyectadas y atendidas.
- 1.1.2 La información que sigue tiene la finalidad de que sirva de orientación sobre las prácticas de ingeniería eléctrica recomendadas para el proyecto y la instalación de sistemas nuevos de iluminación fija de aeródromos y la distribución de energía a las ayudas para la radionavegación o de modificación de las existentes, si son distintas, serán incorrectas y deban cambiarse automáticamente. Lo que sí significa es que no se recomienda la repetición de algunos de los primitivos diseños adoptados porque ya han sido superados por nuevas ideas. Dadas las diferencias de prácticas técnicas y de equipos según los países, sólo se ofrecen aquí los principios básicos de diseño, sin pretender extenderse sobre un proyecto detallado o sobre determinados equipos o sistemas que son exclusivos de determinado Estado, cualquiera que sea.
- 1.1.3 Los sistemas eléctricos para ayudas visuales y sistema de navegación de aeródromos requieren instalaciones de buena calidad y la consideración de todos aquellos aspectos que no suelen ser propios de otras instalaciones eléctricas. En el presente manual se explican las características generales de las prácticas e instalaciones eléctricas y se subrayan las menos frecuentes o las que tienen especial significado para la actividad de los aeródromos. Se parte del supuesto de que quienes hacen uso del citado manual están ya familiarizados con los circuitos eléctricos y con las prácticas generales, pero no tienen el conocimiento de ciertos aspectos de las instalaciones de los aeródromos que no son tan frecuentes en otros sistemas eléctricos. Algunos de ellos son que la instalación de la mayoría de los circuitos eléctricos es simultánea, que para casi todos los sistemas de iluminación se emplean circuitos en serie, y que, en caso de interrupciones de corriente, tiene lugar la conmutación automática y rápidas a otras fuentes eléctricas secundarias. Cada aeródromo es exclusivo por sí mismo, y su instalación eléctrica se debe proyectar para que proporcione económicamente funciones de alimentación y de control que sean seguras, fiables y de fácil mantenimiento.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

CAPITULO II

FUENTES ELÉCTRICAS

2.1 Fuentes de alimentación

2.1.1 Generalidades.

2.1.1.1 Antes de comenzar los proyectos de las instalaciones de iluminación y ayudas para la radionavegación de los aeródromos hay que determinar las fuentes eléctricas primarias de éstos. La energía eléctrica de estas instalaciones sólo es, en muchos casos, una pequeña parte de la que usa el aeródromo. Tanto para un aeródromo nuevo como para una modernización o la ampliación de uno ya existente, es necesario analizar la disponibilidad, capacidad, fiabilidad y practicabilidad para la instalación prevista y la futura ampliación de las fuentes de energía. En este análisis se deben incluir la fuente primaria y la secundaria de alimentación que requieren el Anexo 10, Volumen 1, 2.9, y el Anexo 14, 9,1, para su uso en caso de interrupción o avería de la primaria.

2.1.2 Fuentes primarias de alimentación.

2.1.2.1 Las fuentes primarias de alimentación de casi todos los aeródromos son los alimentadores procedentes de una red eléctrica, ampliamente interconectada, situada fuera del aeródromo, que, por lo general, es una red comercial o pública. En ciertos casos, la energía eléctrica puede provenir de un grupo generador local o de un sistema de distribución limitado. Cuando los aeródromos son grandes, conviene que las fuentes de alimentación sean dos independientes, en lugar de una sola primaria. Deben proceder de secciones de la red eléctrica muy separadas entre sí y sistemas fuera del aeródromo, controlando cada una de ellas a circuitos independientes para mantener la integridad de las instalaciones si falla una. Lo preferible es que esas fuentes tengan alimentadores distintos procedentes de subestaciones separadas y, también, de generadores diferentes. Naturalmente, se pueden usar otros sistemas de alimentación, según sea la seguridad, fiabilidad, estadísticas o factores económicos de la situación de que se trate.

2.1.2.2 Esta energía suele entrar en la subestación eléctrica principal del aeródromo a una tensión alta (más de 5 000 voltios).

2.1.3 Fuentes secundarias de alimentación.

2.1.3.1 Casi todos los aeródromos con iluminación y ayudas visuales para la navegación deben disponer de fuentes secundarias de alimentación para las ayudas mínimas requeridas para las distintas operaciones. Los circuitos e instalaciones a las que debe servir la fuente secundaria de alimentación varían con la clase o categoría más crítica de las operaciones de vuelo. Las instalaciones del aeródromo para las que se recomienda una fuente secundaria de alimentación son las indicadas en el Anexo 14, Capítulo 8 cuando aquellas son ayudas visuales, y en el Anexo 10, Volumen I, Parte I, Capítulo 2 si se trata de ayudas para la radionavegación. Estas instalaciones que deben alimentarse con la fuente secundaria estarían montadas de tal forma que la misma se conecte automáticamente al fallar la primaria.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 2.1.3.2 Fuente de alimentación secundaria. Como se recomienda en el Anexo 14, Capítulo 8, las fuentes de alimentación secundaria pueden ser públicas independientes o unidades eléctricas de reserva.
- 2.1.3.3 Fuentes eléctricas independientes, comerciales o públicas. Para aquellos aeródromos cuya alimentación primaria de electricidad proceda de una sola fuente. Pueden usarse líneas de transmisión eléctricas separadas e independientes para proporcionar la energía secundaria. Estas fuentes de alimentación independientes no suelen estar conectadas a las cargas de la iluminación y ayudas para la radionavegación del aeródromo, pero si pueden serlo automáticamente a esas cargas si falla la fuente primaria de alimentación. Las citadas fuentes de alimentación independientes pueden mantenerse en situación de reserva únicamente o estar suministrando energía eléctrica a otras instalaciones del aeródromo. Si la fuente independiente proporciona energía a otras instalaciones deben tener capacidad adecuada para alimentar los sistemas más esenciales de iluminación y ayuda para la radionavegación del aeródromo, además de la carga habitual, o disponer de dispositivos de conmutación para desconectarse de esa carga habitual al conectarse a la iluminación y radioayudas. El perfeccionamiento de la integridad de las operaciones que permite la independencia de las fuentes de alimentación depende de la separación de la fuente primaria y de la independencia que tenga ésta de la secundaria. Si las dos fuentes proceden de redes de distribución interconectadas, la falla de éstas puede ser causa de la de ambas fuentes. Se puede usar una fuente de alimentación independiente como secundaria si tiene capacidad para alimentar su propia carga más la iluminación y radioayudas del aeródromo y si está independizada de forma tal que cualquier causa individual de falla de la corriente de la fuente primaria no perturbe a la energía procedente de la otra fuente. A menos que la fuente independiente está totalmente aislada de la primaria y no se sobrecargue al fallar esta última, las ayudas visuales y para la radionavegación que sean esenciales para el funcionamiento del aeródromo deben estar atendidas por una fuente secundaria local.
- 2.1.3.4 Fuente de alimentación de reserva o secundaria. Las fuentes de alimentación secundarias pueden ser motogeneradores de los que es posible obtener energía eléctrica y que pueden conectarse automáticamente a las instalaciones que requieran energía secundaria. La máxima carga que se puede conectar debe estar dentro de las capacidades de las unidades de reserva. Estas últimas, cuando tienen capacidades variables entre 50 y más de 1 000 kilovoltio- amperios, se usan como fuentes secundarias de alimentación de los aeropuertos. La citada fuente secundaria de alimentación debe poder suministrar energía durante un período de tiempo que exceda del máximo necesario para restablecer la energía de la fuente primaria. Es frecuente establecer como condición que los motogeneradores funcionen de 24 a 72 horas continuas sin necesidad de restablecer su combustible. Otras fuentes secundarias de energías, generalmente para cargas pequeñas, pueden ser las baterías, celdas que funcionen con energía solar y otras.
- 2.1.4 Distribución de la energía intermedia.
- 2.1.4.1 La tensión de la fuente primaria de alimentación suele reducirse en la subestación del aeródromo a un valor intermedio (2 000 a 5 500 voltios) para su distribución dentro del aeródromo. Esta energía la suele distribuir un sistema “en paralelo” a las distintas estaciones de transformadores para reducir aún más la tensión y adaptarla a la entrada de los equipos. Se recomiendan dos fuentes independientes de entrada

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

tomadas de secciones, muy separadas entre sí, de la red eléctrica de fuera del aeródromo. Dentro de éste, se puede mejorar la fiabilidad de la alimentación eléctrica de las distintas estaciones usando un circuito de entrada de altas tensiones en anillo cerrado con protección de las tensiones equilibradas en los transformadores de distribución o utilizando un sistema de doble bucle que recibe corriente de las fuentes primarias independientes y que actúa como anillos abiertos para alimentar dos transformadores en cada estación. Este último sistema es el que se ilustra en la Figura 2- 1. Si se usa un sistema centralizado de control de los conmutadores de los bucles en cada estación y de las corrientes de avería que pudieran producirse en dicha estación, se eliminarán, prácticamente, las interrupciones de corriente a las estaciones de transformadores. En aeródromos más pequeños, se pueden emplear sistemas más sencillos pero, naturalmente, menos fiables.

TABLA 2- 1.

Requisitos de la fuente de alimentación secundaria para ayudas visuales y radioayudas.

Clasificación de la pista	Iluminación		Radioayudas	
	Radioayudas que requieren corriente eléctrica	Tiempo máximo de conmutación	Radioayudas que requieren corriente eléctrica	Tiempo máximo de conmutación
Visual	PAPI (a)	2 minutos		
	Borde de pista	2 minutos		
	Umbral de pista	2 minutos		
	Extremo de pista	2 minutos		
	Obstáculo (a)	2 minutos		
No precisión	Sist. de Ilum. Aproximación	15 segundos	SRE	15 segundos
	PAPI (a)	15 segundos	VOR	15 segundos
	Borde de pista	15 segundos	NDB	15 segundos
	Umbral de pista	15 segundos	Instalación radiogoniométrica	15 segundos
	Extremo de pista	15 segundos		
	Obstáculo (a)	15 segundos		
Aprox. Precisión Categ. I	Sist. de Ilum. Aproximación	15 segundos	Localizados ILS	10 segundos
	Borde de pista	15 segundos	Trayectoria de planeo ILS	10 segundos
	Umbral de pista	15 segundos	Radiobaliza intermedia ILS	10 segundos
	Extremo de pista	15 segundos	Radiobaliza exterior ILS	10 segundos
	Calle esencial de rodaje	15 segundos		10 segundos
	Obstáculo (a)	15 segundos		
Aprox. Precisión Categ. II	Sist. de Ilum. Aproximación	1 segundo	Localizados ILS	0 segundo

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

	Borde de pista	1 segundo	Trayectoria de planeo ILS	0 segundo
	Umbral de pista	1 segundo	Radiobaliza interna ILS	1 segundo
	Extremo de pista	1 segundo	Radiobaliza intermedia ILS	1 segundo
	Eje de pista	1 segundo	Radiobaliza exterior ILS	10 segundos
	Zona de toma de contacto en la pista	1 segundo		
	Barra de parada en los puntos de espera en rodaje	1 segundo		
	Calle esencial de rodaje con barras de parada distintas de las de los puntos de espera en rodaje	15 segundos		
	Obstáculo (a)	15 segundos		
Aprox. Precisión Categ. III	(Igual que la Categoría II con excepción de todas las barras de parada-un segundo)	15 segundos	(Igual que la Categoría II)	

(a). Alimentada con la fuente secundaria cuando su funcionamiento es esencial para la seguridad de las operaciones.

2.2 Característica de la transferencia de energía.

2.2.1 Tiempos de transferencias (conmutación) necesarios.

2.2.1.1 Cuando falla la fuente primaria de alimentación de las ayudas visuales, instalaciones y ayudas para la radionavegación (más críticas), hay que transferir la carga a la fuente secundaria. Esta última debe activarse y quedar estabilizada en velocidad y tensión antes de transferir la carga.

2.2.1.2 Los tiempos de transferencia, o conmutación, permitidos dependen de la calificación que se halla hecho de los instrumentos más críticos que funcionen en los aeródromos. En el Anexo 14, Capítulo 8, y en el Anexo 10.Volumen I Parte I, Adjunto C, se relacionan los tiempos máximos de transferencia permisibles para los componentes de los sistemas de iluminación y de las radioayudas del aeródromo asociados a las pistas de vuelo visual y para aproximación, de precisión o no, de las Categorías I, II y III. (Véase la Tabla 2- 1 de este manual).

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.2.2 Fuentes de alimentación permanentes.

2.2.2.1 Hay ciertos tipos de lámparas que no pueden reactivarse hasta pasado varios minutos si se interrumpe la corriente a la lámpara durante más de unas pocas décimas de segundo. Ciertos tipos de sistemas de radionavegación y computadoras no permiten la interrupción de la corriente. En ese caso hay que disponer de una fuente de alimentación ininterrumpible o casi permanente que atienda esos equipos cuando falle la fuente primaria de alimentación. Algunos sistemas, como ocurre con determinadas computadoras, no aceptan más que fluctuaciones muy limitadas de la frecuencia o de la tensión y requieren una fuente de alimentación absolutamente ininterrumpible.

2.2.3 Métodos de transferencia.

2.2.3.1 Como formas posibles de restablecer la alimentación dentro de los tiempos máximos de transferencia especificados, se sugieren los métodos siguientes. Resulta muy ventajoso agrupar las cargas que tengan tiempos limitados de transferencia similares para poderlas controlar en las conexiones de alimentación de los transformadores o en las de distribución de los alimentadores procedentes de la misma fuente secundaria.

- a) Tiempo de transferencia de 2 minutos. Si es permisible un tiempo de transferencia de 2 minutos, son satisfactorios los grupos locales de motogeneradores de gasolina o diesel o en caso de que existan, generadores de turbina de gas con arranque y conmutación automáticos o remotos. En el período de 2 minutos se puede arrancar el motor o la turbina y estabilizar la velocidad y la regulación de la tensión.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

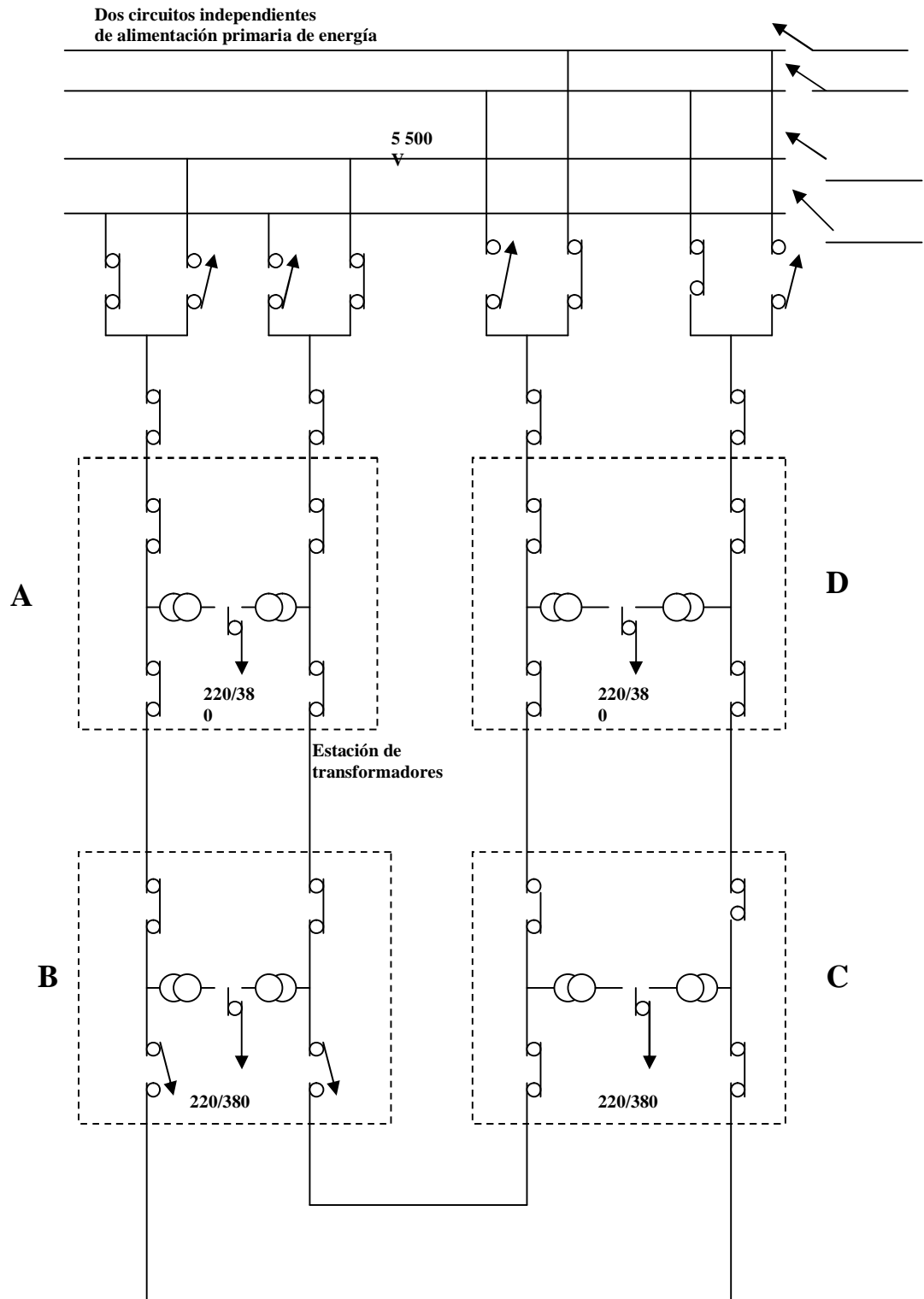


Figura 2- 1. Ejemplo de red de distribución a tensión intermedia de doble bucle y anillos abiertos

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- b) Tiempo de transferencia de 15 segundos. Se requiere un tiempo de transferencia de 15 segundos, se puede usar grupos motogeneradores de reserva de diesel y gasolina, con facultad de arranque y conmutación rápidos y una fuente independiente con conmutación automática de transferencia.
- c) Tiempo de transferencia de 10 segundos. Si se requiere un tiempo de transferencia de 10 segundos, pueden emplearse unidades secundarias de alimentación con apropiada facultad de arranque y conmutación.
- d) Tiempo de transferencia de un segundo. Cuando se requiere este tiempo de conmutación, se suele usar uno de los métodos siguientes para esta rápida transferencia de energía. Uno de tales métodos consiste en arrancar el grupo motogenerador diesel o generador de turbina de gas (sí existiese) de reserva tan pronto como el RVR (alcance visual de la pista) sea del orden de 600 m y activar con ese grupo el alumbrado y las radioayudas más críticas con transferencia automática a la fuente primaria de alimentación en caso de falla de la secundaria. La corriente de la carga crítica debe seguir siendo suministrada por la fuente secundaria hasta que se alcance un RVR de 800 m con clara tendencia a mejorar. El segundo método consiste en la conmutación automática a una fuente de alimentación independiente que sea satisfactoria.
- e) Tiempo de transferencia casi instantánea. Para mantener la descarga de las luces que hacen uso de ciertos tipos de lámparas de descarga se requieren de ciertos tipos de dispositivos de transferencia automática muy rápidos (conmutación de 0,3 segundos, o menos) que puedan conmutar la carga de la fuente primaria desde el generador de reserva que está trabajando. Otro método para obtener un tiempo de transferencia casi instantáneo es el que se usa un generador accionado por el volante de inercia que pueda mantener la corriente de alimentación durante el arranque de la fuente secundaria.
- f) Tiempo de transferencia instantáneo. Para las instalaciones que requiere una fuente ininterrumpible y sólo aceptan variaciones limitadas de tensión o frecuencia, se puede (n) usar uno (varias) conmutador (es) o generador (es) estático (s) alimentado (s) por baterías (véase Figura 2 – 2). Aunque por lo general, se puede hacer la transferencia de la alimentación secundaria en sólo varios segundos, la (s) batería (s) debe (n) poder alimentar las instalaciones durante un mínimo de 15 minutos sin necesidad de recarga.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.3 Equipos de alimentación secundaria.

2.3.1 Componentes.

2.3.1.1 La fuente secundaria de alimentación debe ser de la calidad apropiada para que ofrezca la fiabilidad, la disponibilidad y las tensiones y frecuencia que necesita la instalación. Los componentes fundamentales de los equipos de alimentación secundaria usados frecuentemente para la iluminación y las ayudas para la radionavegación del aeródromo son los grupos motogeneradores, dispositivos de conmutación de transferencia de energía, baterías y cargadores de éstas para suministrar corriente de arranque a los motogeneradores y las cámaras o abrigos de los equipos. Son tan utilizados, sobre todo para instalaciones especiales, son los sistemas de fuente de alimentación ininterrumpible (FAI), los sistemas de baterías de reserva, los generadores solares o eólicos, o las células de combustible. Los equipos de alimentación secundaria deben estar situados lo más cerca posible de la entrada a las instalaciones a que dan servicio.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

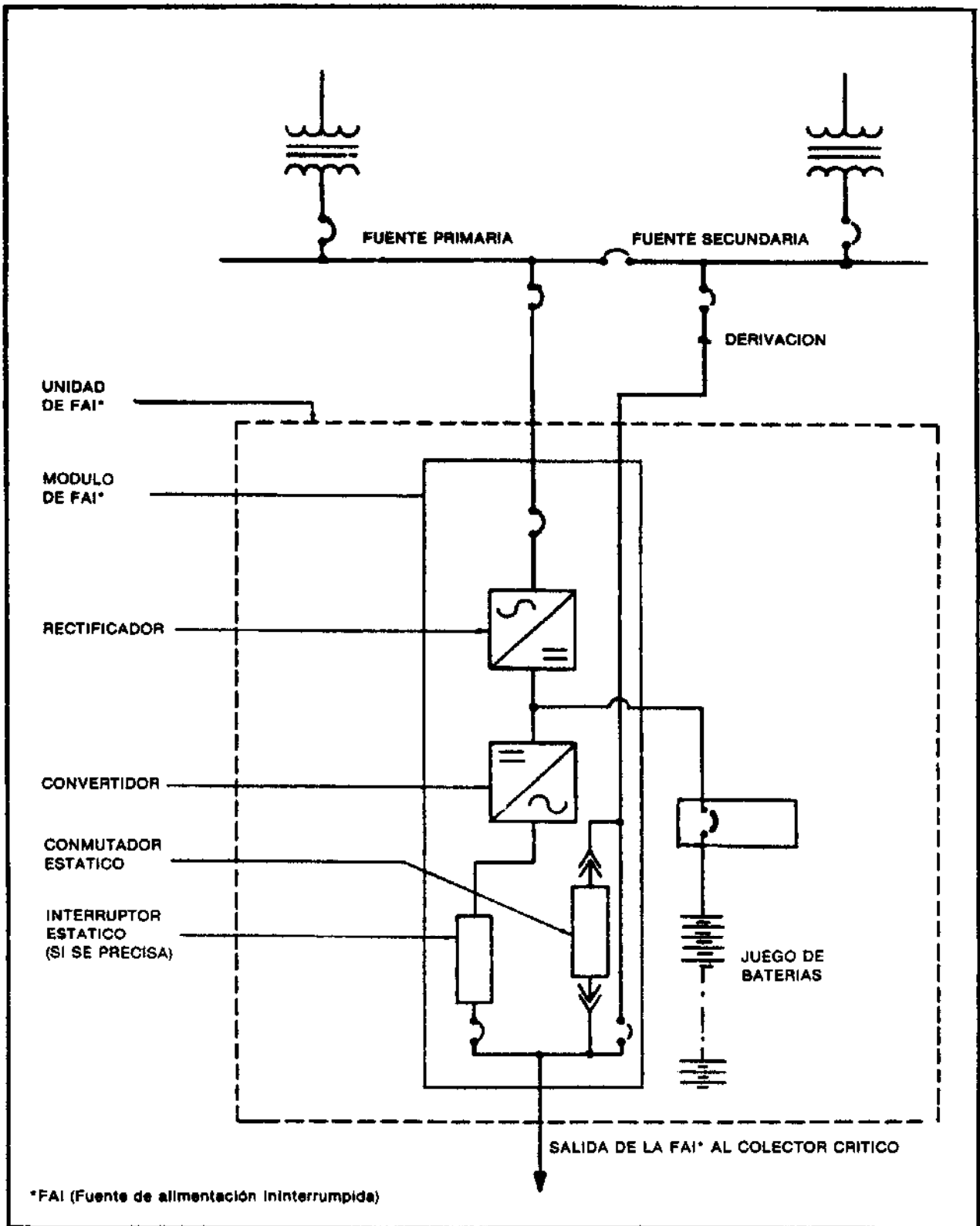


Figura 2- 2 (Fuente de alimentación ininterrumpida)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.3.2 Grupos motogeneradores.

2.3.2.1 El motogenerador básico de alimentación secundaria consiste en una unidad motriz, un generador o alternador, un dispositivo de arranque, controles para el arranque y un depósito de combustible. Los grupos motogeneradores para las unidades secundarias de alimentación suelen tener capacidades de 100 a 150 kilovatio- amperios, pero pueden variar entre 50 y 1 000 kilovatio- amperios.

- a) Unidades motrices. Las unidades motrices de la mayoría de las fuentes de alimentación secundarias son motores de gasolina, diesel o gas, o bien turbinas, dependiendo su elección del costo de los combustibles y su disponibilidad. Estas unidades motrices suelen fabricarse en tamaño normalizado y tienen potencia suficiente para que el generados produzca sus kilovoltio- amperios nominales. Las unidades motrices de casi todos los aeródromos importantes son del tipo de las de arranque rápido, pueden ponerse en funcionamiento automáticamente, estabilizar a la velocidad y conectarse a la carga antes de que transcurran 10 segundos.
- b) Generadores. El generador, que, por lo general, es un alternador, está mecánicamente acoplado a la unidad motriz y produce energía eléctrica secundaria a los valores nominales de frecuencia, tensión y potencia de la unidad. Estos generadores pueden ser monofásicos o trifásicos, y deben tener un elevado rendimiento de conversión de energía mecánica en eléctrica.
- c) Dispositivos de arranque. Casi todos los grupos motogeneradores de alineación secundaria usan conjuntos de baterías que almacenan la energía necesaria para el arranque. Por su uso no frecuente, cortos períodos de trabajo, elevada demanda de la corriente de arranque y costo, lo que más se usa para el arranque de estas unidades son las baterías o acumuladores de plomo. El conjunto de baterías (frecuentemente constituido por un juego de ellas conectadas en serie y/o paralelo) debe poder proporcionar la tensión y corriente necesarias para poder arrancar al motor dentro de los límites de tiempo requerido y en las más difíciles condiciones (por lo general, una temperatura de -7° C), a la cual se exige que funcione la unidad de alimentación secundaria. A esta fuente de corriente se conecta permanentemente un cargador de baterías con control de sobrecorriente y sobrecarga para mantener acumulada la energía en las baterías. El conjunto de baterías debe estar bien ventilado para evitar la acumulación de gas hidrógeno y adecuadamente protegido contra arcos, chispas o llamas que pudieran ser causa de explosión de cualquier gas acumulado. También se pueden emplear baterías de níquel- cadmio sí, por consideraciones especiales, queda justificado su elevado costo de adquisición. Por su poca fiabilidad y alto precio, no se suelen usar para arrancar motores, los volantes de inercia, recipientes neumáticos opresión, ni otros elementos almacenadores distintos a las baterías.
- d) Controles para el arranque. Los controles de los grupos motogeneradores son, normalmente, los de arranque automático con el sensor de falla de la corriente de alimentación primaria como parte del dispositivo de conmutación de transferencia. A veces se usan controles manuales o remotos para las instalaciones con pocas exigencias críticas. Después del arranque, se regulan automáticamente con el motor la velocidad y la potencia, y el conmutador de transferencia conectan la

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

carga eléctrica. El motogenerador debe trabajar automáticamente sin ajuste ni atención algunos. La transferencia de energía de nuevo a la fuente primaria y la parada del motor pueden ser automáticas o por control remoto.

- e) Suministro de combustible. Frecuentemente, el combustible líquido de la fuente de alimentación secundaria se almacena en depósitos próximos al lugar en que se halla el motogenerador. La capacidad de estos depósitos debe ser la adecuada para el máximo tiempo de trabajo previsto del motogenerador. Hay autoridades que requieren combustible para un mínimo de 72 horas. Otras proyectan un tiempo menor, pero ese período debe ser, por lo menos, el doble de la máxima duración prevista de las condiciones que pudieran requerir el uso de energía eléctrica secundaria. Los depósitos de combustible y sus conexiones deben satisfacer todas las condiciones de seguridad y ser fácilmente accesibles para poderlos manipular (llenarlos, repararlos, cambiarlos o darles mantenimiento). Estos depósitos, además, dispondrán de medios adecuados para verificar la posible contaminación del combustible y, en especial, la acumulación de agua en el depósito.

2.3.3 Conmutación para la transferencia de energía.

- 2.3.3.1 Para transferir la energía desde la fuente primaria a la secundaria hace falta un dispositivo adecuado. Para el arranque manual y el control del mismo, ese dispositivo puede ser un sencillo conmutador o relé que desconecte la carga de una fuente de alimentación y la conecte a otra. Para la transferencia automática se requieren otros controles, los cuales suelen combinarse en una sola unidad de control. Esta unidad debe poder detectar la falla de la energía primaria, hacer poder arrancar la unidad motriz del grupo generador secundario, determinar si se han estabilizado debidamente la tensión y la frecuencia del generador y conectar éste a la carga. La citada unidad, además, debe poder desconectar la carga en instalaciones no esenciales que no hay que activar con la fuente secundaria y volver a transferir estas cargas a la fuente primaria una vez establecida la corriente. Los conmutadores o relés para desconectar y conectar la carga deben tener capacidad para atender la carga nominal del generador. El funcionamiento de estos conmutadores o relés es similar al tiempo de transferencia de 2 minutos, 15 segundos o 1 segundo, aunque es posible que hagan falta relés de acción rápida para el más corto tiempo de transferencia. Para una transferencia de 2 minutos, los sensores de falla de corriente pueden introducir un retraso de unos pocos segundos para determinar si la fuente primaria se ha interrumpido o, simplemente, está fluctuando, así como para establecer también si se ha estabilizado la fuente secundaria. Para una transferencia de 15 segundos los sensores deben responder en menos de 3 segundos cada uno, porque los motores de arranque rápido necesitan 10 segundos para ponerse en marcha y estabilizarse. Para tiempos de transferencia de 1 segundo o menos, este tiempo es demasiado breve para poner en marcha el motor, pero, dentro de este límite de tiempo se puede conmutar la carga de una fuente de alimentación a otra que esté funcionando; no obstante, el sensor de falla de la alimentación debe responder al cabo de unos pocos ciclos.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.3.4 Sistemas de fuentes de alimentación ininterrumpibles (FAI).

2.3.4.1 Para que trabajen debidamente los equipos eléctricos o de otra clase que desempeñan una función crítica y que requieren una corriente eléctrica permanente y sin alteraciones, hace falta una fuente de alimentación eléctrica ininterrumpible.

2.3.4.2 Equipos de la FAI. El sistema de fuente de alimentación ininterrumpible (FAI) consiste en uno o más módulos FAI, una batería almacenadora de energía y los accesorios necesarios para producir una corriente eléctrica fiable y de alta calidad. El sistema de FAI aísla a la carga de la fuente primaria y secundaria y, en caso de interrupción de la energía, aplica una corriente reguladora a la carga crítica durante un determinado período. (La capacidad típica de la batería es de 15 minutos cuando trabaja a plena carga). (Véase Figura 2- 2).

- a) Módulo FAI. Un módulo FAI es la parte estática de conversión de energía del sistema FAI y consiste en un rectificador, un convertidor y los controles asociados con los elementos de sincronización, protección y auxiliares. Los módulos FAI se pueden proyectar para trabajar individualmente o en paralelo.
- b) Redundancia. Para casi todas las operaciones, es suficiente un sistema de FAI no redundante. Sin embargo, si se puede justificar el gasto, se puede utilizar una configuración de FAI redundante (véase Figura 2- 3) como medio de protección contra falla de los módulos o contra fallas muy frecuentes en la fuente primaria.
- c) Batería de FAI. La batería debe ser una unidad industrial de gran rendimiento del tipo plomo- cadmio cuya capacidad de amperios- hora sea suficiente para proporcionar al convertidor la c.c. requerida por las instrucciones de instalación del fabricante del sistema de la FAI. La batería se suele suministrar con bastidores de dos estantes, pero si el espacio está limitado, pueden ser necesarios bastidores de tres estantes.
- d) Alarmas remotas. Los equipos de la FAI deben suministrarse con panel de control remoto para instalarlo en el espacio de trabajo atendido por la unidad de la FAI o en otra habitación continuamente ocupada por alguien, como una oficina de guardia. Como las salas de los equipos de la FAI suelen estar atendidas, se proporcionarán otros elementos indicadores remotos para vigilar en sistema de alarma de incendio y control ambiental del módulo de la FAI y las salas de las baterías.
- e) Requisitos de las salas de la FAI y de las baterías. Los módulos de la FAI y sus baterías asociadas deben instalarse en salas independientes cuya construcción sea del tipo permanente. La pared que separa la sala de los módulos de la FAI de las baterías debe ser ignífuga (clasificada para 1 hora). Cuando sea posible se dejará espacio para la sala de los módulos y baterías de la FAI para la adición de futuros equipos de FAI.
- f) Control ambiental. Tanto la sala de los módulos de la FAI como la de las baterías tendrán un sistema de control del medio ambiente para mantener las condiciones prescritas en dichas salas. Cada sistema de control ambiental debe consistir en un sistema primario con capacidad de sistema secundario. Al fallar el sistema primario

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

de control ambiental, debe producirse la transferencia automática al sistema secundario y sonar una alarma que advierta sobre la necesidad de mantenimiento

2.3.5 Dispositivos especiales de alimentación secundaria.

2.3.5.1 Otros de los dispositivos de alimentación secundaria que se pueden usar para instalaciones especiales de los sistemas de alimentación de reserva por baterías, con o sin convertidores de c.c. a c.a.; generadores fotovoltaicos o eólicos con sistemas de batería y con convertidores de c.c. a c.a. o sin ellos; equipos generadores independientes, como células de combustible termoeléctricos, nuclear o químico; generadores de volante de inercia. La información del fabricante debe explicar el funcionamiento e instalación para el uso de esos sistemas.

2.4 Cámaras y abrigos para los equipos eléctricos.

2.4.1 Abrigos.

2.4.1.1 La mayoría de los equipos eléctricos para las instalaciones de iluminación y otros tipos en los aeródromos están situados en cámaras o abrigos especiales con el objetivo de protegerlos contra la intemperie y aumentar su seguridad. Las subestaciones de alta tensión suelen estar al exterior, y los transformadores de distribución de corriente a tensión media se montan, generalmente, sobre postes o plataformas de transformador cercadas. Casi todas las cámaras para equipos eléctricos están sobre el terreno y se fabrican de material ignífugo. El hormigón armado para los pisos y el hormigón en masa, bloques de hormigón o escoria, y/o el ladrillo para las paredes son materiales frecuentemente empleados en cámaras. El uso de tales materiales reduce el peligro de descargas eléctricas, cortocircuitos y riesgos de incendio. Ocasionalmente, se emplean estructuras metálicas prefabricadas como abrigos para transformadores y grupos motogeneradores. Estas cámaras se utilizan para albergar equipos de distribución y control de la energía, equipos de alimentación secundaria y distintos dispositivos usados para proporcionar energía eléctrica y controla los sistemas de iluminación de los aeródromos. Dichas cámaras deben ser de las dimensiones apropiadas para dar cabida a los equipos necesarios sin que estén hacinados, y pueden dividirse en distintas salas para separar mejor los equipos y las actividades.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

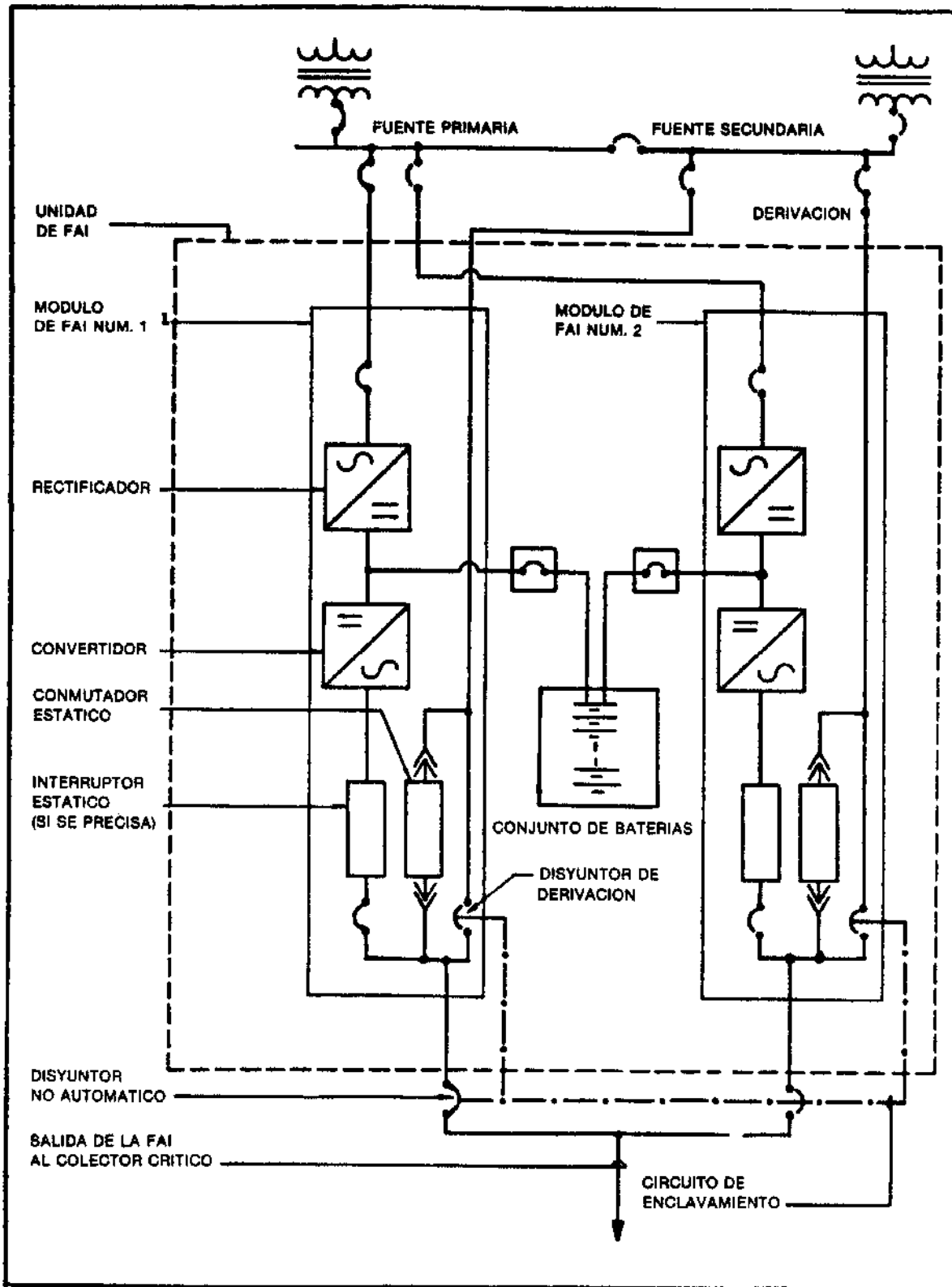


Figura 2- 3 (Fuente de alimentación ininterrumpida)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.4.2 Situación.

2.4.2.1 Las cámaras de los equipos eléctricos no deben situarse invadiendo las superficies limitadoras de obstáculos. Las distancias entre las torres de control a las cámaras deben ser lo bastante cortas como para evitar excesivas caídas de tensión en los cables de control. La longitud permisible de estos cables varía con el diámetro de los mismos, la tensión de control y los tipos de relés de control que se empleen, pero algunos de los sistemas de control de mayor longitud limitan las de los cables de control a unos 2 250 m. Es necesario poder acceder con vehículos a las cámaras en todo tipo de condiciones meteorológicas para garantizar un conflicto mínimo en el tráfico de los aviones. La situación de ellos será la adecuada para establecer la conexión a los circuitos apropiados e instalaciones de iluminación con el objetivo de mantener la longitud de los alimentadores lo más corta posible. Tales cámaras deben aislarse de otros edificios e instalaciones para evitar la propagación de incendios o explosiones, excepto por lo que respecta a los abrigos de los motogeneradores secundarios, que pueden hallarse en las proximidades de la cámara de los equipos eléctricos para reducir la longitud y el diámetro de los cables y simplificar el sistema de transferencia de corriente. Los aeródromos con sistemas de iluminación de aproximación pueden necesitar cámaras de iluminación de aproximación independiente para cada uno de estos sistemas. Por lo que respecta a los aeródromos importantes, algunas autoridades usan cámaras cerca de cada uno de los extremos de la pista o del sistema de iluminación de aproximación para poder intercalar más fácilmente los circuitos de iluminación y mejorar la integridad de los sistemas.

2.4.3 Provisiones especiales.

2.4.3.1 Como edificios con una fiabilidad especial, las cámaras de equipos eléctricos pueden requerir características específicas a fin de permitir un comportamiento seguro y fiable de los equipos. Algunas de tales características son las siguientes:

- a) Ventilación. Se proporcionará adecuada ventilación para evitar que las temperaturas de los transformadores exceden de los valores prescritos por el fabricante. La ventilación puede eliminar la mayoría de las pérdidas por calor eléctrico; sólo se podrá disipar una pequeña parte con los muros de las cámaras. Algunos códigos eléctricos recomiendan 20 cm cuadrados de superficie de hueco enrejado por kilovatio- amperio de capacidad del transformador. En lugares donde las temperaturas excedan de las medias, como ocurre en nuestras regiones o en las subtropicales, las superficies deben ser aumentada o suplida por ventilación forzada.
- b) Acceso. Se proporcionará adecuado acceso para los trabajos de reparación, mantenimiento e instalación y extracción de equipos.
- c) Drenaje. Todas las cámaras estarán provistas de drenaje, pero cuando no sea posible el normal, se proporcionará un foso colector para poder usar una bomba portátil.
- d) Seguridad. Cada cámara de equipos eléctrico debe estar equipada de tal forma que limite el acceso a ella al personal no autorizado por descuido o premeditadamente. Esta seguridad es necesaria para impedir la interferencia en el funcionamiento de los equipos y la protección de esas personas contra

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

posibles descargas eléctricas. Algunos de los métodos utilizados consisten en ventanas bloqueadas o apantalladas, puertas pesadas con candados o cerraduras y vallados de seguridad.

- e) Iluminación de las cámaras. Las cámaras de los equipos eléctricos deben estar bien iluminadas para su empleo tanto de día como de noche. Esta iluminación suelen proveerla luces interiores del tamaño, tipo y situación adecuados para proporcionar buena visibilidad en todas las zonas. La mala visibilidad suele aumentar la posibilidad de accidentes dando por resultado descargas eléctricas o controles y ajustes incorrectos.
- f) Comunicaciones locales. La mayoría de las cámaras de los equipos eléctricos deben tener comunicaciones fiables con la torre de control, otras cámaras y, tal vez, otras instalaciones u oficinas. Los teléfonos o sistemas de intercomunicaciones especiales pueden evitar las interferencias exteriores con esos circuitos, aunque es posible también utilizar otras configuraciones que sean seguras.
- g) Conducciones eléctricas. Las cámaras de equipos eléctricos deben tener el suficiente número de conductores y puntos de entrada de cables para evitar posteriores modificaciones de la estructura con el objetivo de permitir la instalación de circuitos adicionales de entrada o salida. Estas entradas de cables suelen hacerse por conductos subterráneos que se pueden conectar a los ya existentes de cables, cables directamente enterrados o conductos no utilizados pero de los que se dispone para futuras ampliaciones. Los conductos que no se utilicen deben taparse y los que tengan cables deben estar herméticamente sellados.
- h) Instalación de equipos. Los equipos se ordenarán, especialmente cuando se trate de unidades grandes como reguladores, transformadores de s distribución, paneles de control y dispositivos de selección o control de circuitos, de modo que proporcionen un conjunto sencillo, bien distribuido y despejado. Esta configuración el aspecto de la seguridad, sobre todo la protección contra conexiones eléctrica de alta tensión, como el acceso a los equipos y a los controles. Los circuitos eléctricos deben estar dispuestos en una forma sencilla en una forma sencilla siempre que sea posible. Síganse los códigos de la seguridad eléctricos aplicables para la instalación de todos los circuitos y controles eléctricos.

2.5 Distribución de la corriente eléctrica.

2.5.1 Generalidades.

2.5.1.1 Los equipos tratados en esta sección sólo se relacionan con los usados en la transmisión de energía eléctrica para la iluminación y las ayudas para la radionavegación del aeródromo entre la (s) subestación (es) principal (es) del aeródromo y de las cámaras de iluminación o los transformadores locales de distribución. En términos generales, las descripciones de los equipos se refieren a las características y necesidades de los mismos y, normalmente, no se relacionan con tipos o elementos específicos de ellos. Los tipos de equipos y números de dispositivos varían notablemente con el tamaño y complejidad del aeródromo. Una

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

parte importante de la instalación es el aspecto económico, y sólo deben usarse equipos que contribuyan al rendimiento, seguridad, fiabilidad e integridad del sistema. Los circuitos y equipos empleados deben ofrecer posibilidades razonables de ampliación de las instalaciones. El uso eficiente de la energía eléctrica es siempre una finalidad deseable, pero el costo de esa energía para la iluminación y ayudas para la radionavegación en los aeródromos suele ser una parte relativamente pequeña del costo total de la energía del aeródromo y no debe acentuarse tanto como para aumentar excesivamente los gastos de las instalaciones o disminuir el rendimiento, la seguridad o la fiabilidad. A este aspecto deben seguirse los códigos eléctricos de seguridad locales.

2.5.2 Circuitos conmutadores de la energía primaria.

2.5.2.1 La energía primaria se suele reducir en tensión de la subestación principal del aeródromo para su distribución en éste. Por lo que respecta a los aeródromos grandes, esta energía debe estar en su primera fase a una tensión intermedia (normalmente de 5 000 a 20 000 voltios), pero en el caso de aeródromos más pequeños y menos complejos, la energía puede distribuirse a una tensión media (por lo general de 1 000 a 5 000 voltios). Son factores importantes para determinar el nivel de tensión de la transmisión a distancia y la carga total del circuito. Para un sistema de distribución a tensión intermedia, la energía se debe llevar hasta las subestaciones próximas a las zonas en que se hace gran empleo de la misma, donde se reduce a tensión media para su distribución local. Puede utilizarse una combinación de estos sistemas de distribución de energía. La energía primaria se transmite desde la subestación principal a la local o normalmente a los puntos de distribución como circuitos de fases múltiples y mediante circuitos aéreos, subterráneos o una combinación de ellos. Los circuitos aéreos son de instalación menos costosa y suelen emplearse si la posibilidad lo permite, aunque pueden estar más expuestos a daños y, en algunas zonas, constituir un peligro para la aviación y crear intermitencia electromagnética sobre algunos equipos. Los cables de alimentación subterráneos suelen instalarse en conductos, aunque a veces se entierran directamente. Cada tipo de circuito, tanto si es aéreo como subterráneo implica tipos específicos de equipos y de diseño.

2.5.3 Sistema aéreo de distribución de energía primaria.

2.5.3.1 En el diseño de un sistema aéreo de distribución de energía deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

- a) Aplicación. Se usará distribución aérea en vez de soterrada siempre que sea posible.
- b) Capacidad. Debe proporcionarse capacidad de reserva para cada parte del circuito. Las cargas máximas no están relacionadas directamente con la capacidad de reserva.
- c) Diámetro de los hilos. Se seleccionará el diámetro de los hilos de acuerdo a la capacidad de transporte de corriente requerida y, en los casos aplicables, con la limitación de caída de tensión.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.5.4 Reguladores de la tensión de línea.

2.5.4.1 Para corregir las variaciones de tensión de línea resultante de los cambios de carga o de los de la tensión de entrada de la compañía de servicios públicos, se usan reguladores, pero no se utilizan éstos para corregir las excesivas caídas de tensión. Sólo se emplearán en casos raros transformadores elevadores que corrijan las caídas de tensión ya que, en la mayoría de las circunstancias, un diseño correcto elimina ya por sí mismo las excesivas caídas de tensión.

- a) Capacidad. Se elegirá la capacidad de los dispositivos de regulación de acuerdo con la cantidad requerida.
- b) Selección. Debe seleccionar el tipo de reguladores de condensadores fijos, condensadores conmutables, reguladores de etapas múltiples (cambio de toma por medio de motor) y reguladores de inducción (cambio de tensión gradual).
- c) Reguladores de etapas múltiples o de inducción. Se proveerá la compensación de la caída de tensión en línea para operaciones aeronáuticas cuando estos reguladores se utilicen en más de una fuente o cuando se emplee un regulador en más de un circuito único.

2.5.5 Líneas de transporte de energía.

2.5.5.1 Se seleccionará entre los siguientes tipos de líneas de transporte de energía de acuerdo con el tipo de circuito de que se trate o las condiciones a las que esté sujeto:

- a) Alambre aéreo (desnudo o protegido contra la intemperie) sobre aisladores.
- b) Cable aéreo, autoportante o sostenido por cables de acero de elevada resistencia (cable de suspensión), consistente en cables aislados y en haces de conductores únicos o en cables de conducción múltiples.

2.5.5.2 Materiales de sujeción de las líneas.

- a) Postes. Podrán usarse postes de madera, hormigón (reforzado con pretensado o postensado), o metálicos (de acero o aluminio). Los postes de hormigón o metálicos solo deben emplearse cuando sean más económicos o cuando hayan consideraciones especiales que aconsejen su uso.
- b) Bases de apoyo. Se proveerán bases de apoyo o refuerzos en la codos de los postes, según requieran las condiciones de cimentación.
- c) Configuración. La configuración de la línea aérea sin crucetas suelen ser menos costosas que las que llevan crucetas, siendo preferible su empleo, como también el cable secundario de conductores múltiples con un gran conductor neutro como miembro de apoyo sobre los conductores sostenidos individualmente. Se usarán crucetas principalmente para el apoyo de los equipos.

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

- d) Vientos y anclajes. Se proporcionarán vientos y anclajes para sostener los postes o las torres de las líneas contra cargas y terminaciones de líneas y cuando así se haga necesario debido a grandes cargas de viento. Hágase referencia a los catálogos de los fabricantes para los tipos de anclajes a tierra y datos de diseño de los mismos. Deben seleccionarse equipos apropiados a las condiciones específicas del suelo y al método de construcción que se emplee.

2.5.6 Conductores.

- 2.5.6.1 Limitaciones de diámetro de los conductores. Se limitará el empleo de conductores de las líneas sobre postes de acuerdo con la Tabla 2- 2 para un sistema económico para un punto de vista de instalación, funcionamiento y mantenimiento. Hay casos especiales que pueden precisar conductores mayores. En cualquiera que sean la circunstancia, hay que cerciorarse de qué tipo y tamaño de conductores empleados proporcionan la adecuada resistencia para las longitudes de luz y condiciones de carga.

Tabla 2- 2.

Tipo de conductor	Diámetro	
	No mayor de	No menor de
Cobre	2 110 mm	2 8,3 mm
Aluminio	2 170 mm	2 13,0 mm

- 2.5.6.2 Composición. El diámetro de los hilos se basará en los márgenes indicados en la Tabla 2- 2. Las selecciones de los hilos primarios no deben ser inferiores a 13,0 mm² en el caso de ser cobre, ó 33,0 mm² si son de aluminio. Para conductores primarios, se seleccionará uno de los siguientes:

- a) Conductor desnudo de cobre, trenzado o sólido.
- b) Conductor desnudo de aleación de aluminio, aleación de aluminio sólido o trenzado.
- c) Conductor desnudo de aluminio, reforzado con acero.
- d) Conductor desnudo de aleación enteramente de aluminio y de alta resistencia.

- 2.5.6.3 Conductores especiales. En casos especiales, pueden ser apropiados como conductores primarios los siguientes:

- a) Cable aéreo de conductores aislados, de cobre o aluminio, prearmados con envolventes no metálica o metálica, y sostenido por cable de acero (cable de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

suspensión), que se utilizan cuando sea necesario para evitar la exposición a los peligros que tienen los hilos libres, como, por ejemplo, para un servicio de alta fiabilidad en zonas de tormentas intensas.

- b) Se utilizan materiales de conductores compuestos como acero cobreado, acero aluminizado, acero galvanizado o broce para proporcionar elevada resistencia de tracción y contra la corrosión.

2.5.6.4 Conductores disimilares. Cuando sea necesario conectar conductores de aluminio a otros de cobre, deben instalarse conectores apropiados, específicamente diseñados para tal empleo, de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

2.5.7 Aisladores.

2.5.7.1 Tipos de aisladores. Se seleccionarán entre la siguiente lista los tipos de aisladores que deban dar apoyo a conductores aislados y resistentes a la intemperie o desnudos.

- a) Tipos de suspensión, sencillo o múltiple.
- b) Tipo de carrete.
- c) Tipo de poste de línea (porcelana de una pieza sobre un perno para montaje en la cruceta o sobre una silla de uno de los lados del poste).
- d) Tipo de tensor (unidades de suspensión con la resistencia igual o mayor que la resistencia a la atracción del conductor, las cuales tienen de una a tres secciones adicionales de disco o electrodo de anillos de guarda).
- e) Tipo de espiga (de porcelana, en los que, normalmente, hay dos o más campanas independientes cementadas entre sí, con rosca interna para su fijación a una espiga de metal o madera).
- f) Consideraciones. Se pueden combinar varios tipos de aisladores; por ejemplo, el tipo de tensor para postes de anclaje o terminaciones con un pasador o tipos de postes de línea para aislamiento de éstas. Los tipos de postes de líneas se consideran menos costosos y superiores a los de espiga.

2.5.7.2 Si se usan las líneas aéreas en lugares sensibles a las interferencias electromagnéticas, los aisladores deben ser del tipo antiestático.

2.5.8 Tuercas de bloqueo o seguridad.

2.5.8.1 Los componentes de ferretería deben tener tuercas de bloque o seguridad para evitar conexiones sueltas que pudieran provocar interferencias estáticas. Las tuercas de bloqueo deben ser roscadas y del tipo adecuado para que no se suelte la conexión al contraerse los miembros de madera.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.5.9 Transformadores.

2.5.9.1 Montaje de los transformadores. Los transformadores se montarán en postes o a nivel del terreno. Cuando las envolventes de chapas metálicas de los mismos no impiden impida manipulaciones indebidas, las unidades montadas sobre el suelo deben estar provistas de cercas. Se utilizará una estructura de hormigón o ladrillo para proteger el equipamiento de las condiciones atmosféricas adversas.

- a) Montaje sobre un solo poste. Para montaje sobre un solo poste, se limitará el tamaño de las unidades monofásicas o trifásicas de acuerdo con las prácticas autorizadas.
- b) Montaje sobre postes- plataforma. El montaje sobre postes- plataforma (estructura de dos postes) no deben emplearse salvo en aquellos casos en que sean satisfactorios otros métodos. Para las instalaciones de 225 ó 500 kilovoltio- amperios, los transformadores de tipo compartimentado y montados sobre zapata son más atractivos como alternativa económica que las unidades sobre postes.
- c) Montaje sobre el suelo. Para el montaje sobre el suelo encima de una base de hormigón, no hay límites para los kilovoltio- amperios. Normalmente, no deben especificarse transformadores a prueba de manipulaciones indebidas (clasificado como unidades de tipo compartimentado montadas sobre zapata) cuando la potencia excedan de 500 kilovoltio- amperios.

2.5.9.2 Potencia. Los transformadores se seleccionarán con potencia en kilovatio- amperios y tensiones de entrada y salida estándar y como unidades monofásicas y trifásicas. Serán los más apropiados para algunas instalaciones, los transformadores que tengan tomas que permitan la selección del nivel más apropiado de tensión de entrada.

2.5.9.3 Instalaciones en interiores. Los transformadores sumergidos en aceite (inflamable) no deben instalarse en interiores salvo en cámaras que satisfagan los requisitos del código eléctrico aplicable. Estas cámaras sólo deben considerarse cuando los tipos de transformadores sean menos económicos y no pueda hacerse uso de ella por circunstancias especiales. De no proveerse tal cámara, se seleccionarán transformadores para instalación en interiores de entre los siguientes tipos:

- a) Sumergidos en líquido de elevado punto de inflamabilidad.
- b) De tipo sec., ventilado.
- c) De tipo seco, en depósito sellado.
- d) Aislado con gas no peligroso.

2.5.9.4 Fluido tóxico de aislamiento. Los transformadores no deben usar bifenilo policlorado (PCB) ni otros fluidos de aislamiento que sean muy tóxicos. Las fugas o el incorrecto manejo de estos productos químicos durante las pruebas durante el mantenimiento pueden ser peligrosos para el personal.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.5.10 Condensadores.

2.5.10.1 Tipos de condensadores. Se emplearán condensadores en paralelo para mejorar el factor de potencia de la carga soportada por el circuito. Al aplicar los condensadores, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- a) Capacidad fija. La capacidad fija es la cantidad de ésta que puede aplicarse continuamente sin un excesivo aumento de tensión con carga reducida.
- b) Capacidad conmutable. La capacidad conmutable es la cantidad adicional de capacitancia que puede aplicarse siempre que sea posible desconectar esa cantidad adicional cuando se reduce la demanda.
- c) Conmutación de condensadores. Se seleccionará un tipo de conmutación de condensadores que sea apropiado para las condiciones de cada caso. Las posibles elecciones incluyen el control del dispositivo de conmutación de los condensadores, un control mediante reloj temporizador, el control del relé de factor de potencia, o de un relé sensible a la tensión.

2.5.10.2 Situación de los condensadores. Los condensadores se instalarán por grupos sobre postes a nivel del suelo o en una subestación lo más cerca posible del centro de gravedad de la zona en que se precisa la corrección.

2.5.11 Dispositivos de interrupción de circuitos.

2.5.11.1 Fusibles. Después de considerar las capacidades necesarias de transporte de corriente, ciclos de interrupción y características de fusión y tiempo de éstas en función de tiempo- corriente, se seleccionarán fusibles de los siguientes tipos.

- a) Eslabón de fusible abierto.
- b) Tipo de expulsión.
- c) Tipo de ácido bórico
- d) Tipo de corriente.

2.5.11.2 Disyuntores. Se coordinarán las capacidades de los disyuntores con el ciclo de interrupción de carga y con los disyuntores y fusibles que pueda haber antes o después de esos disyuntores.

2.5.11.3 Restablecedores automáticos de los circuitos. El uso de restablecedores automáticos para otras cargas distintas a las de las líneas aéreas puede ser motivado por averías de derivaciones a tierra de alta resistencia. Si se usa un restablecedor automático de circuitos, se considerarán los requisitos de fiabilidad y continuidad del servicio. Estos restablecedores pueden consistir en un disyuntor o en dispositivos múltiples de conmutación. Los restablecedores funcionan de tal modo que pueda haber un circuito defectuoso para, a continuación, de una forma instantánea o tras un retraso deliberado de tiempo, volverse a cerrar. Pueden

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

utilizarse hasta tres restablecedores con intervalos de tiempo variable. Los restablecedores automáticos de circuito se coordinarán con los fusibles o disyuntores del mismo circuito.

2.5.11.4 Conmutadores. Se usarán conmutadores para localizar partes defectuosas de circuitos aéreos y soterrados y para llevar a cabo los trabajos de los circuitos inactivos. Se seleccionarán de uno de los siguientes tipos principales:

a) Conmutadores de ruptura sin carga. Se utilizarán estos tipos de conmutadores sin carga únicamente para interrumpir los circuitos que no tienen carga apreciable. Se seleccionará el tipo aplicable según la importancia del circuito, la carga, la tensión y el régimen de trabajo del circuito defectuoso. Los tipos existentes son los seleccionadores de porcelana con fusible, los seleccionadores de aire monopolares sencillos o con fusibles de distintos tipos. Los seleccionadores y los interruptores de cuerno se pueden emplear también como conmutadores de ruptura sin carga.

b) Conmutadores de ruptura con carga. Estos conmutadores tienen un dispositivo interruptor que permite desconectar circuitos que se hallan bajo carga. Existen disyuntores con fusibles diseñados para actuar como conmutadores de ruptura con carga y seleccionadores interruptores de carga. Los conmutadores de vacío pueden actuar también como elementos de ruptura con carga.

2.5.12 Protección contra descargas eléctricas.

2.5.12.1 Para determinar los requisitos de protección contra descargas eléctricas, se considerarán pararrayos de cable, de entrehierro o con fusibles de expulsión y de disparo por sobretensiones (por descargas eléctricas) de tipo distribución. Deben tenerse en cuenta también las condiciones meteorológicas. En lugares donde no sean frecuentes las tormentas anuales, puede ser necesaria la protección contra sobretensiones por descargas eléctricas. En todos estos casos, lo normal es seguir las disposiciones administrativas o las prácticas locales de la compañía de electricidad. Seleccione los pararrayos adecuados con el nivel básico de aislamiento de impulsos que se establezca para el cual se pretende construir el circuito.

2.5.13 Distancias libres.

2.5.13.1 Se tendrán en cuenta las distancias libres verticales y horizontales necesarias objetivos físicos antiguos, como edificios, estructuras y otras líneas eléctricas de acuerdo con lo que exijan las normas eléctricas de seguridad aplicable. Asimismo, se preverán las interferencias accidentales que puedan producirse al romperse postes, crucetas y conductores de circuitos. Se tendrán en cuenta también las distancias libres que hay que mantener cuando se empleen postes en usufructo para distintos fines. A este respecto se considerarán los códigos eléctricos de seguridad aplicables en relación con las distancias libres para ascenso y protección de conductores de alimentación y en usufructo.

2.5.14 Toma de tierra.

2.5.14.1 Para la información sobre la toma de tierra de sistemas aéreos de distribución, se recurrirá a los códigos eléctricos aplicables de seguridad o a las normas impuestas

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

por la Administración. En beneficio de la seguridad, debe darse tierra a todos los equipos y estructuras asociadas a los sistemas eléctricos para evitar descarga de tensiones estáticas o dinámicas. La máxima resistencia a tierra no debe exceder los valores especificados en el referido código. Deben tenerse en cuenta las fuentes de energía eléctrica, capacidad, magnitud de corriente de derivación y método de poner a tierra el sistema, porque todo esto afecta a la referida resistencia.

- 2.5.14.2 Piquetes de toma de tierra. Los piquetes de toma de tierra se pueden utilizar independientemente o por grupos. Se introducirán hasta el nivel del manto freático si se desea una instalación efectiva y permanente. Hay que evitar la corrosión de los mismos eligiendo los metales apropiados o mediante protección catódica. Si no se pudieran llegar al manto, se usarán productos químicos, como sulfato de magnesio (MgSO₄) o de (CUSO₄) para mejorar la conductividad del suelo cuando sea necesario. Los fabricantes de estos piquetes deben proporcionar datos con tales tratamientos. Se proveerán de la documentación para un fácil mantenimiento y para las pruebas periódicas de los mismos. Aunque la introducción a mayor profundidad de los piquetes de la toma de tierra tipo seccional puede ser más efectiva que el uso de piquetes múltiples, hay muchos casos en que las variaciones del suelo y las posibles capas rocosas pueden hacer menos costoso el empleo de un mayor número de piquetes.
- 2.5.14.3 Red de toma de tierra. Una red soterrada de conductores de toma de tierra garantiza la seguridad más efectiva cuando son malas las condiciones del suelo, y elimina los grandes gradientes de tensión en las subestaciones para las interconexiones de los servicios públicos de los aeródromos. Normalmente se usa un espaciado de 3 a 3,5 m con el cual, por lo general, se pueden controlar gradientes de tensión superficial, aún cuando sea relativamente alta la resistencia del terreno.
- 2.5.14.4 Conexiones de tubería de agua. Se puede dar tierra al sistema eléctrico llevándolo hasta un sistema de distribución de agua, excepto cuando las tuberías no son metálicas, son metálicas protegidas catódicamente o incorporan acoplamientos aislantes en el sistema. Las conexiones a las tuberías de agua se deben suplementar con otros electrodos de toma de tierra cuando así lo exijan los códigos aplicables de seguridad.
- 2.5.14.5 Combinación de los métodos de toma de tierra. Cuando sea elevada la resistencia de tierra de un sistema existente, se pueden combinar dos o más de los métodos que se acaban de citar para mejorar aquella.
- 2.5.14.6 Conexiones a tierra. Los hilos que van desde los dispositivos protectores (por ejemplo, entrehierros, anillos, tubos de expulsión o protección y pararrayos contra descargas atmosféricas) deben ser tan rectos y cortos como a sea posible. Cuando hay que hacer codos, deberán ser de gran radio para reducir la impedancia de sobretensión.
- 2.5.14.7 Pararrayos de cable. Cuando se usen pararrayos de cable para proteger líneas eléctricas, se preverá una conexión a tierra en la base de cada poste desde el citado cable hasta un bucle de hilo, una placa de toma de tierra o un piquete introducido en ésta, lo que dependerá de las condiciones existentes del suelo. El uso de vueltas de alambre o placas en los extremos de los postes sólo se permite en aquellos lugares en que sea muy pequeña la resistividad del suelo.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

2.5.14.8 Medición de la resistencia de tierra. Para medir la resistencia de tierra hay dos métodos:

- a) Método de los tres electrodos. En este método, se usan dos electrodos de prueba para medir la resistencia del tercer electrodo, que es el punto de toma de tierra. Existe una fuente autónoma de corriente alterna y un equipo con fuente de vibrador alimentada con batería con lo que pueden hacerse lecturas directas.
- b) Método de caída de tensión. Este método implica una fuente de corriente alterna no puesta a masa que hace circular a tierra una corriente medida. Los valores de tensión medidos en la conexión a toma de tierra auxiliares posibilitan el uso de la ley de Ohm para determinar la resistencia de la tierra.

2.5.15 Sistemas de distribución soterrados.

2.5.15.1 Los circuitos primarios de distribución de energía en ciertas zonas de los aeródromos, o próximos a ellos, deben su instalación deben ser soterradas. Aunque estas instalaciones cuestan más que los aéreos, los problemas de interferencia radio o la proximidad de instalaciones de iluminación en lugares de operaciones de aviones suelen obligar a usar sistemas de distribución soterrados. Los circuitos soterrados se pueden instalar enterrando directamente el cable o por el método de tracción (consistente en tirar de los cables para pasarlos por conductos). Los circuitos de distribución enterrados directamente suelen ser menos costosos que los que se instalan en conductos (por el método de tracción), pero por ser menor su protección, estos cables enterrados de una forma directa sólo suelen emplearse para cargas pequeñas y cuando no son muy rigurosos los requisitos de fiabilidad. Los cables a tensión media directamente enterrados deben llevar una armadura metálica o pantalla protectora contra daños mecánicos. Cuando sea importante la resistencia a la corrosión, los cables armados pueden requerir una envolvente de plástico o caucho sintético sobre la armadura metálica. Los circuitos de distribución soterrados se usan para las instalaciones de iluminación y radionavegación de los aeródromos se llevan por conductos.

2.5.15.2 En el capítulo 4 se ofrecen detalles sobre las instalaciones de sistemas de distribución soterrados y en el capítulo 5 se dan las características de los cables apropiados para este tipo de servicio.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

CAPITULO III

CIRCUITOS ELECTRICOS PARA LA ILUMINACIÓN Y AYUDAS PARA LA RADIONAVEGACION EN LOS AERÓDROMOS.

3.1 Tipos de circuitos eléctricos.

3.1.1 Características eléctricas.

3.1.1.1 La energía eléctrica utilizada para la iluminación de los aeródromos es, casi en su totalidad, corriente alterna (c.a.). (hay algunos circuitos de control que son de corriente continua (c.c.) y la energía para el arranque de los motores de alimentación secundaria o para algunos sistemas ininterrumpibles de alimentación se almacena en baterías). Esta c.c. suele ser de una frecuencia de 50 a 60 hertzios (Hz). En las citadas instalaciones de iluminación se utilizan circuitos en serie o en paralelo. Casi todas las luces de los aeródromos se alimentan con circuitos en serie, pero la energía de entrada se distribuye mediante circuitos en paralelo, y algunas unidades o circuitos de luces más cortos pueden activarse también con circuitos en paralelo. Igualmente, usan circuitos en paralelo las luces de destellos sucesivos de los sistemas de iluminación de aproximación, algunos proyectores, y ciertas luces de obstáculos entre los más importantes del sistema de iluminación.

3.1.2 Circuitos en serie.

3.1.2.1 Los elementos de los circuitos en serie se conectan encadenados de tal modo que por cada uno de ellos circule la misma corriente. El circuito consiste en un bucle continuo que empieza y termina en una fuente de entrada de energía. Si se conectase a la carga una tensión de entrada fija, la corriente del circuito variaría con la carga que se conectase; no obstante los reguladores de c.c. mantienen invariable ésta con independencia de la carga del circuito. Consecuentemente es la misma corriente que fluye a lo largo por un corto, y se mantiene si variación aún en el caso de que falle alguna de las lámparas. Esta c.c. significa que un cortocircuito sobre la salida de un regulador de c.c. representa una condición de ausencia de carga, y una apertura del circuito, una condición de sobrecarga. En el circuito en serie sencillo de conexión directa, la falla de una lámpara provoca la apertura del circuito; en consecuencia, hay que emplear un dispositivo de derivación, como un disyuntor de película fusible o un transformador de aislamiento formando parte del aparato de luz. Para los circuitos de iluminación de los aeródromos, se prefieren los transformadores de aislamiento.

3.1.2.2 Ventajas de los circuitos de iluminación en serie. Algunas de las ventajas de los circuitos en serie para la iluminación de los aeródromos son las siguientes:

- a) Todas las lámparas trabajan con la misma corriente y, por tanto, con igual intensidad. Esta uniformidad de la intensidad y aspecto de las lámparas es un factor muy útil.
- b) Se puede usar para todo el circuito un cable con un solo conductor de diámetro y capacidad de tensión de aislamiento invariables.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- c) Es posible controlar la intensidad de las luces dentro de un margen amplio.
 - d) El circuito puede tener una sola avería a tierra en cualquier punto del mismo sin que por ello quede afectado el funcionamiento de las luces.
 - e) Las derivaciones a tierra se localizan fácilmente.
- 3.1.2.3 Desventajas de los circuitos de iluminación en serie. Las desventajas más importantes de los circuitos en serie utilizados para iluminar son:
- a) Los costos de instalación resultan elevados, y el regulador de c.c. y los transformadores de aislamiento o dispositivos de derivación aumentan apreciablemente los gastos.
 - b) Débil rendimiento de la energía eléctrica utilizada por el regulador de c.c. del tipo bobina móvil.
 - c) Hay que aislar todos los componentes (cables, transformadores de aislamiento y casquillos de lámparas) para aprovechar la tensión máxima si no se usan los transformadores de aislamiento.
 - d) La avería constituida por un circuito abierto en cualquier parte del mismo pone fuera de servicio a la totalidad del circuito y es posible que dañe el aislamiento del cable o al regulador de c.c..
 - e) Puede ser difícil la localización de averías, especialmente la apertura del circuito.
- 3.1.3 Circuitos en paralelo.
- 3.1.3.1 Los elementos de los circuitos en paralelo (múltiples) se conectan, como la palabra lo indica, en paralelo sobre los conductores a los que se les aplica la tensión de entrada. Teóricamente, cada luz recibe la misma tensión, pero, en realidad, la corriente que circula por los conductores provoca una reducción de tensión (caída en línea) que, cuando los circuitos son largos, puede reducir apreciablemente la tensión en las luces en el extremo más alejado de l circuito y, por consiguiente, la intensidad de las mismas. En los circuitos de distribución, en los que puede ser alta la tensión y baja la corriente, no tiene tanta importancia la caída de tensión en las líneas y suelen emplearse para ello, por esa razón, circuitos en paralelo. Si hace falta controlar la intensidad de las luces, puede emplearse transformadores con tomas de reguladores de tensión de inducción, pero estos elementos aumentan el costo de la instalación y reducen la eficiencia del circuito.
- 3.1.3.2 Ventajas del circuito de iluminación en paralelo. Algunas de las ventajas de los circuitos de iluminación en paralelo de los aeródromos son:
- a) Menor costo de instalación, especialmente cuando no son necesarios la regulación de tensión y el control de la intensidad.
 - b) Más eficiente uso de la energía eléctrica.
 - c) Fáciles de incorporar a los circuitos existentes o de repartirlos del mismo.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- d) Los circuitos son más conocidos para la mayoría de las personas.
- e) Son más fáciles de localizar las averías de los cables, en especial las constituidas por los circuitos abiertos.
- f) La apertura de un circuito puede o no inhabilitar la totalidad del mismo.
- g) Estos circuitos no requieren de dispositivos de derivación y pueden no necesitar los transformadores de aislamiento.

3.1.3.3 Desventajas de los circuitos de iluminación en paralelo. Algunas de las principales desventajas de los circuitos en paralelo para la iluminación de los aeródromos son:

- a) La intensidad de las luces se va reduciendo con la caída en la líneas a lo largo del circuito. Esto puede dar origen a interpretaciones equívocas si se hace apreciable en la configuración de las luces.
- b) Hacen falta dos conductores para el circuito completo, y pueden ser necesarios conductores de mayor diámetro para reducir la caída de tensión en la línea.
- c) Por lo general, el filamento de las lámparas del de mayor longitud, lo que puede exigir elementos ópticos más grandes y aparatos de luz más luminosos.
- d) Es más fácil ejercer el control de la intensidad, especialmente cuando está baja, pero si se quiere evitar esta circunstancia, hay que emplear equipos cuyo costo aumenta apreciablemente el de la instalación.
- e) Una única derivación a tierra del alimentador de alta tensión inhabilita a todos los circuitos.
- f) Son difíciles de localizar las derivaciones a tierra.

3.1.4 Comparación entre los circuitos de iluminación en serie y en paralelo.

3.1.4.1 Los circuitos en serie o paralelo suelen proporcionar una iluminación aceptable. Los circuitos en serie se usan frecuentemente para sistemas de iluminación de aeródromos cuando la configuración que producen ofrece una información orientativa debido a la más uniforme intensidad de las luces y al mejor control de la misma. Estos sistemas se emplean para la mayor parte de las luces de las pistas y calles de rodaje y para casi todas las luces permanentemente iluminadas de los sistemas de iluminación de aproximación. Los circuitos en paralelo se usan para la iluminación de casi todas las zonas, para las ayudas visuales individuales o en pequeñas cantidades y para la distribución de la energía. Los sistemas de iluminación de aeródromos que suelen utilizar los circuitos en paralelo están formados con proyectores y otras luces de plataforma, luces de destellos sucesivos, ayudas visuales para fines especiales, como radiofaros e indicadores de dirección del viento, algunas luces de obstáculos y circuitos de distribución eléctrica.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.2 Circuitos en serie para la iluminación de los aeródromos.

3.2.1 Factores que deben considerarse.

3.2.1.1 Si se pretende utilizar un circuito en serie, hay que evaluar ciertas opciones de los equipos que se van a usar. Es frecuente que al tomar una decisión se reduzcan las opciones de otro tipo.. en primer lugar, se debe analizar el circuito completo desde el punto de vista de los aspectos de rendimiento crítico, fiabilidad, economía de instalación y funcionamiento, sencillez de mantenimiento y mutua relación que guardan entre sí distintos tipos de equipos. A continuación, se indican algunos factores opcionales.

3.2.1.2 Selección de la corriente. El desarrollo de los distintos equipos ha limitado las opciones disponibles de corriente que pueden utilizarse en un determinado circuito en serie. Casi todos los circuitos en serie para la iluminación de los aeródromos son de 6,6 a 20 amperios (A) a la intensidad máxima nominal, aunque en algunas ocasiones se empleen otras corrientes. La pérdida de energía para un conductor y longitud de cable fijos y para circuitos de 6,6 A viene a ser, aproximadamente, la novena parte de la que se experimente en circuitos de 20 A. Cualquiera de estos dos valores de corriente puede transportarse por cables de aislamiento a 5 000 voltios (V) con conductores de 4 mm de diámetro sin que se produzca un excesivo aumento de temperatura. La carga de regulador de los circuitos debe ser, como mínimo, la mitad de su capacidad de régimen. Es frecuente utilizar circuitos a 6,6 A cuando son largos y las cargas y las cargas eléctricas pequeñas, en tanto en los circuitos de 20 A se emplean para mayores cargas y longitudes de cables más cortas (véase el párrafo 3.2.1.4 para las capacidades de los reguladores). Las luces de los bordes de pista y las de los bordes de las calles de rodaje suelen estar integradas a circuitos de 6,6 A, y la iluminación de aproximación más las de zona de toma de contacto en países que las poseen, con frecuencia, de circuito de 20 A. Se debe tener en cuenta que la corriente de los circuitos no está necesariamente determinada por las de las lámparas de los aparatos eléctricos. Por ejemplo, seleccionando los transformadores de aislamiento se pueden usar lámparas de 6,6 A en circuitos de 20 A y viceversa, o bien combinaciones de lámparas a una y otra corriente en cualquier circuito.

3.2.1.3 Circuitos de iluminación de aeródromos. La configuración preferible para los circuitos de iluminación de los aeródromos es la de un conjunto de bucles de circuitos en serie a alta tensión con transformadores de aislamiento en serie para cada aparato, alimentado cada circuito desde una subestación eléctrica contigua al extremo de la pista. Para todos los aeródromos, es recomendable una subestación en cada extremo de pista.

a) La sección 8.2 del Anexo 14 especifica que para cada pista de aproximación de precisión, los circuitos eléctricos deben proyectarse de tal forma que la falla de uno de ellos no deje al piloto sin orientación visual ni de por resultado una configuración que se preste a error.

b) Sistema de iluminación de aproximación y pista. Todo tipo de sistema de iluminación de aproximación y pista debe tener como mínimo dos circuitos intercalados. Las Figuras 3-1 a 3- 7muestran ejemplos de intercalado de circuito para mejorar la integridad. Cada circuito en un servicio intercalado debe

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

extenderse en todo el conjunto de su servicio y estar dispuesto de forma tal que, aún en el caso de falla de uno o más circuitos, siga quedando una configuración de iluminación simétrica y equilibrada. Las luces de umbral suelen formar parte de circuitos independientes.

- c) Sistemas visuales indicadores de pendiente de aproximación. Estos sistemas deben tener dos circuitos por cada extremo de pista. Cuando los indicadores de pendiente de aproximación se instalen únicamente en el lateral de la pista, como ocurre con los PAPI, deben conectarse a un circuito parte de las lámparas de cada unidad luminosa, y el resto de ellas a otro circuito, para mantener la integridad de la configuración aún con menor intensidad. Estos sistemas deben desactivarse cuando la falla de una unidad luminosa pueda dar como resultado una señal equívoca.

- d) Iluminación de las calles de rodaje. La iluminación de las calles de rodaje debe hacerse con circuitos en serie. El circuito empleado para las calles de rodaje debe permitir la iluminación selectiva de segmentos del sistema con el objetivo de proporcionar orientación de ruta a los pilotos. Esto se puede conseguir empleando un regulador individual de c.c. para cada segmento, o conectando varios segmentos a un regulador único y usando relés selectores, que pueden estar en el campo o en el regulador, para cortocircuitar los segmentos que no forman parte de la ruta. Téngase en cuenta que el valor de la tensión de los relés selectores debe ser superior a la del circuito abierto del regulador. La conmutación selectiva se puede realizar de distintas formas, entre las que existen las siguientes:
 - 1) El uso de un conmutador de control para cada segmento. Es preferible que estos conmutadores estén situados en un diagrama de facsímile en el panel de control de la torre de control de tal modo que cada conmutador se halle colocado en el segmento que controla.
 - 2) La interconexión de los controles que activa los reguladores o el relé selector con el objetivo de que al activar un único conmutador se iluminan todos los segmentos de una ruta designada.
 - 3) El uso de una minicomputadora programada para seleccionar la ruta óptima después de que el operador designa la salida de pista que debe utilizarse y el destino del avión.

- e) Barras de parada. Estas se deben controlar independientemente unas de otras y de las luces de las calles de rodaje. Los circuitos eléctricos se diseñarán de modo que no fallen al mismo tiempo todas las luces de una barra de parada, las cuales, por otra parte, deben estar intercaladas. Las luces deben alimentarse con dos circuitos independientes o con dos comunes situados junto a la barra de parada. Las barras de parada se pueden conectar a sistemas intercalados de iluminación de pistas o calles de rodaje controlando con relés cada barra de parada, que cortocircuitan las luces de dicha barra cuando se desea desactivar ésta. Para reducir los requisitos de tensión de esos relés, las luces de barra de parada se deben conectar a un circuito de iluminación de pista o calle de rodaje por intermedio de un transformador de aislamiento de la adecuada capacidad y cuyo secundario esté conectado el relé cortocircuitador. El correspondiente

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

circuito de iluminación de pista o calle de rodaje debe activarse siempre que se precise el uso de una barra de parada. Los relés que controlan una de estas barras deben estar conectados de modo que sea necesario aplicar energía de control para conectar la barra de parada. Consecuentemente esta barra se iluminará si fallase el circuito de control.

- f) Puesta a tierra. Todos los equipos del centro de control/distribución deben estar a tierra. También debe llevarse un hilo de tierra (toma de tierra equilibrada) desde los centros de distribución a los cables de los circuitos en serie. A este hilo se conectará en secundario de todos los transformadores de aislamiento y en los soportes de todas las luces elevadas. El hilo de toma de tierra debe estar situado por encima de los cables del circuito y en un conducto más próximo a la superficie o en la misma zanja, a menos de 10 cm por encima del cable superior. Normalmente, se utilizan como hilo de toma de tierra conductores no aislados.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

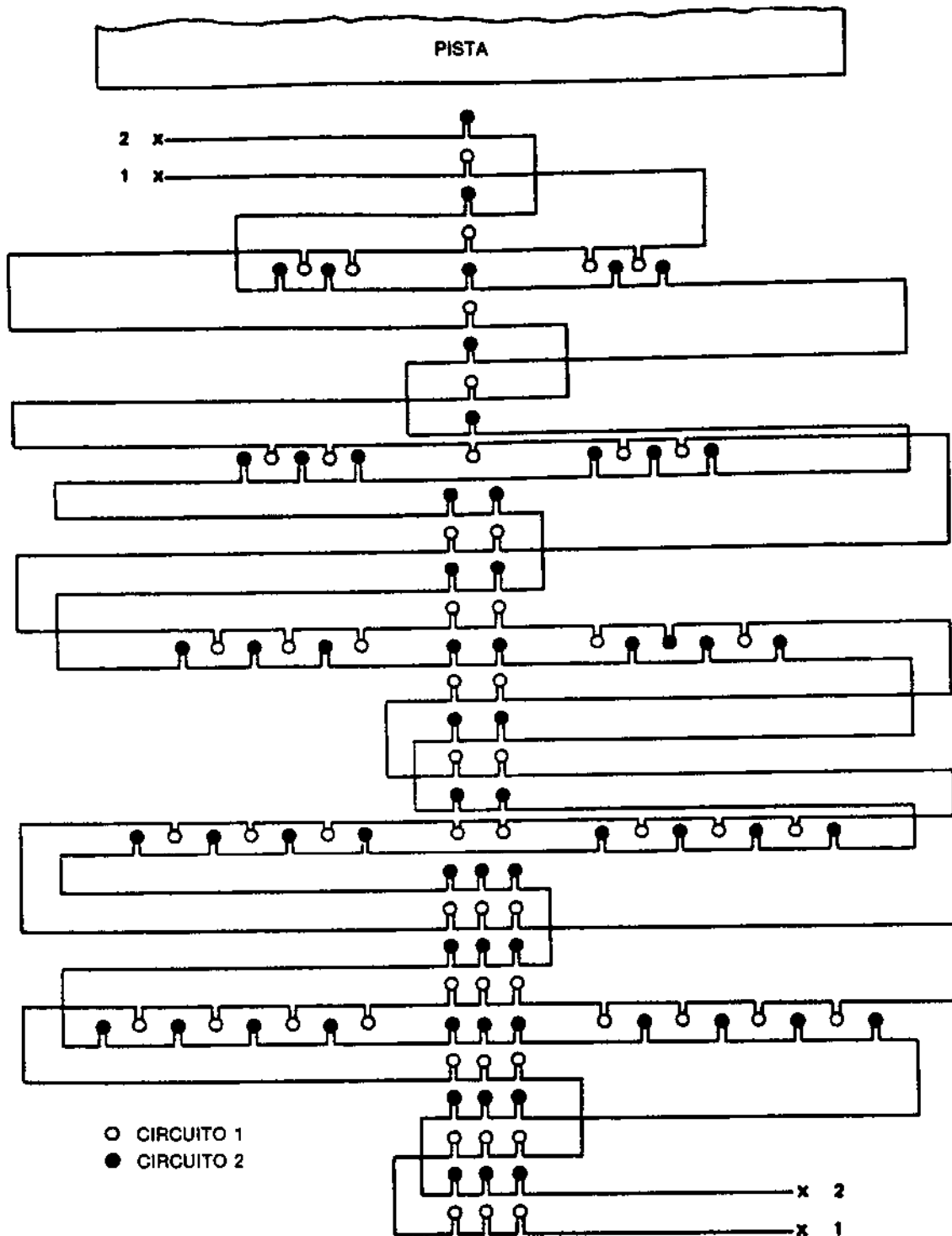


Figura 3-1. Sistema tipo A de iluminación para aproximación de precisión (sistema de eje con distancias codificadas)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

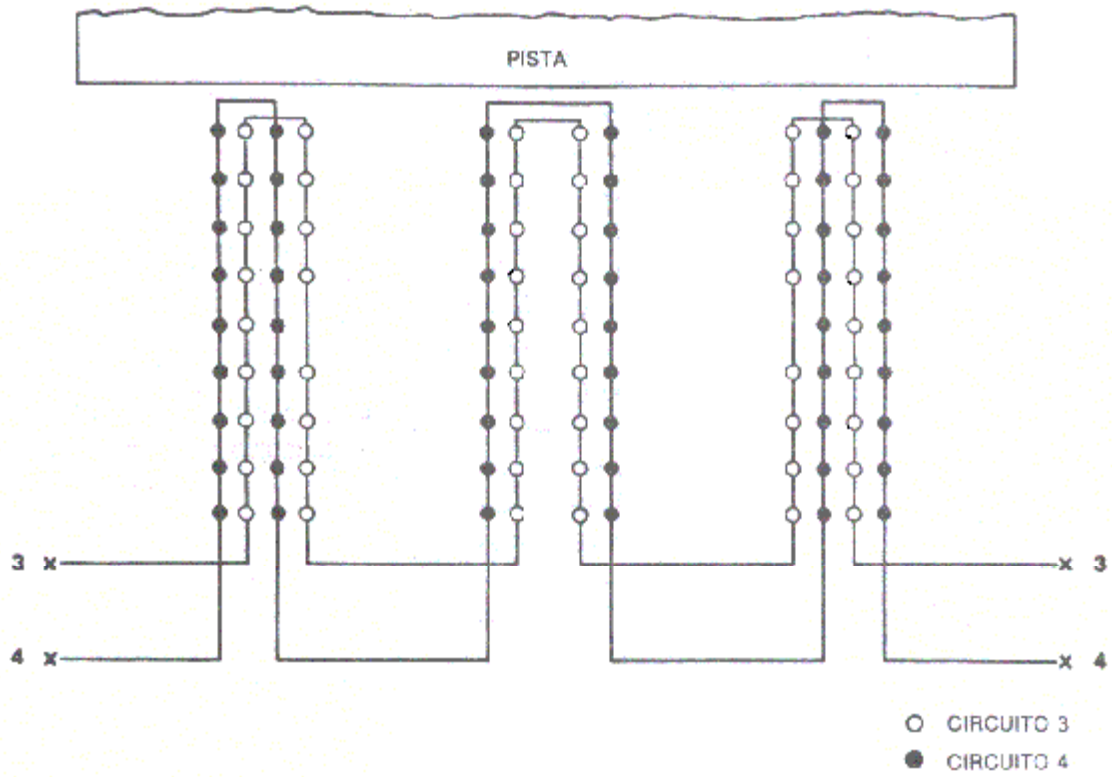
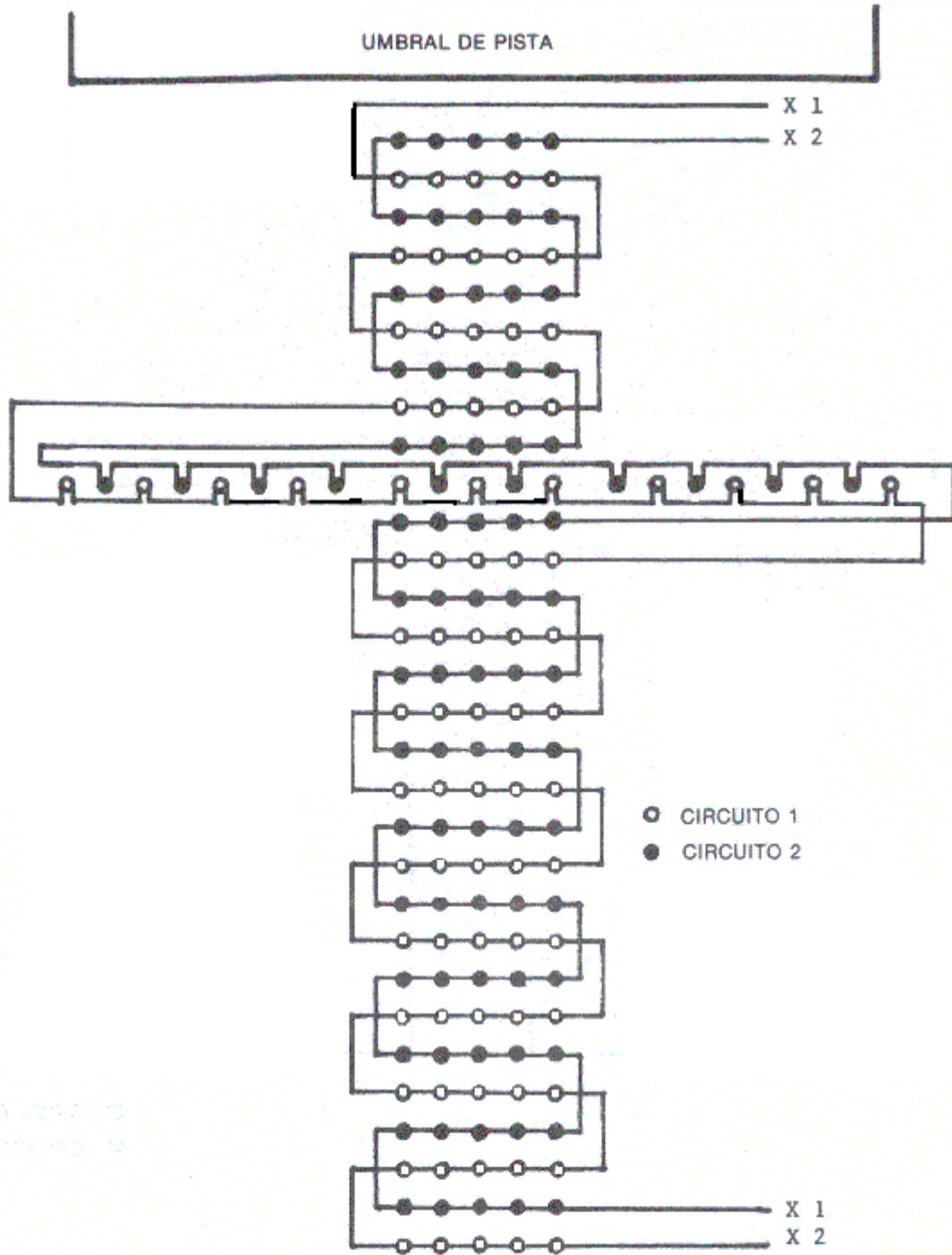


Figura 3-2. Iluminación suplementaria para ampliar un sistema de iluminación tipo A de aproximación de precisión (sistema de eje con distancias codificadas) a fin de convertirlo en otro de iluminación de aproximación de precisión de Categorías II y III.

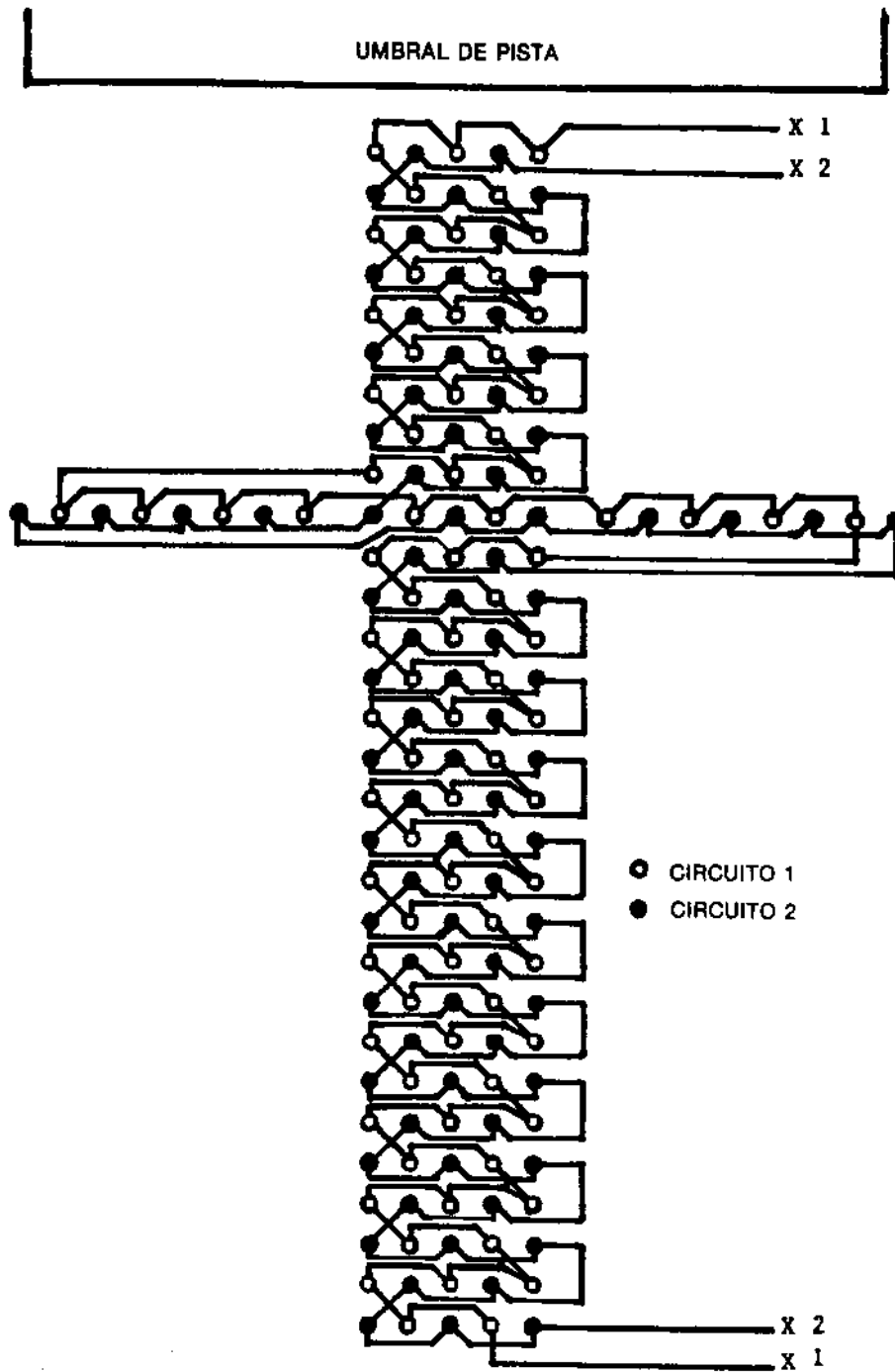
MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS



OPCION A. INTERCALADO MEDIANTE ALTERNANCIA DE LAS BARRETAS

Figura 3-3. Sistema tipo B de iluminación de aproximación de precisión (sistema de eje de barretas)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS



OPCION B. INTERCALADO MEDIANTE ALTERNANCIA DE LAS LUCES DE CADA BARRETA PARA PROPORCIONAR UN ASPECTO ANALOGO CON CUALQUIER OPERACION DE UN CIRCUITO INDIVIDUAL

Figura 3-3. Sistema B de iluminación de aproximación de precisión (sistema de eje de barretas)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

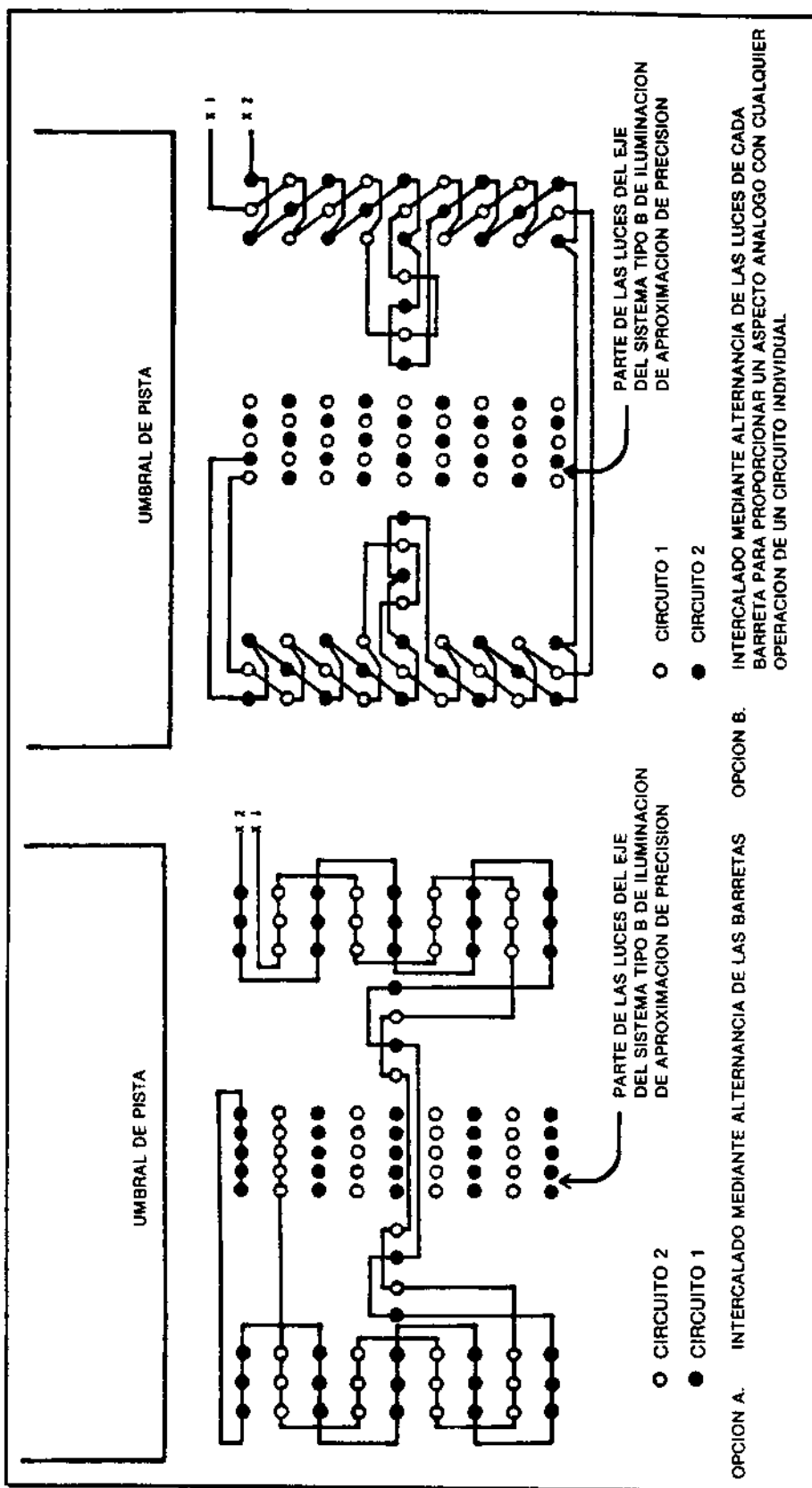


Figura 3-4. Iluminación suplementaria para ampliar un sistema tipo B de iluminación de aproximación de precisión (sistema de eje de barretas) a fin de convertirlo en otro de iluminación de aproximación de precisión de Categorías II y III
(La iluminación suplementaria de un sistema de eje con distancias codificadas se ilustra en la Figura 3-2.)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

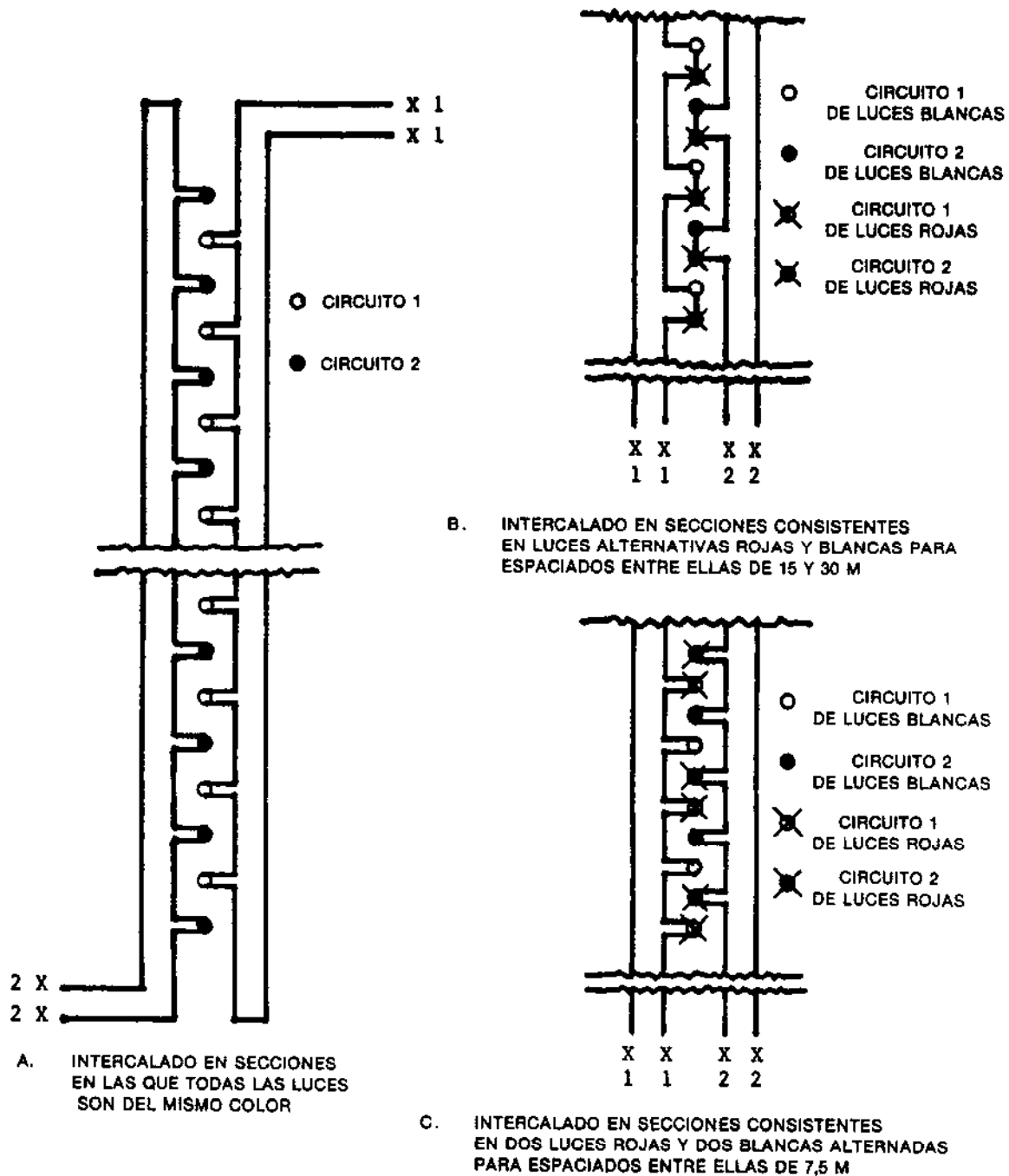


Figura 3-5. Iluminación del eje de una pista o calle de rodaje en dos circuitos intercalados

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

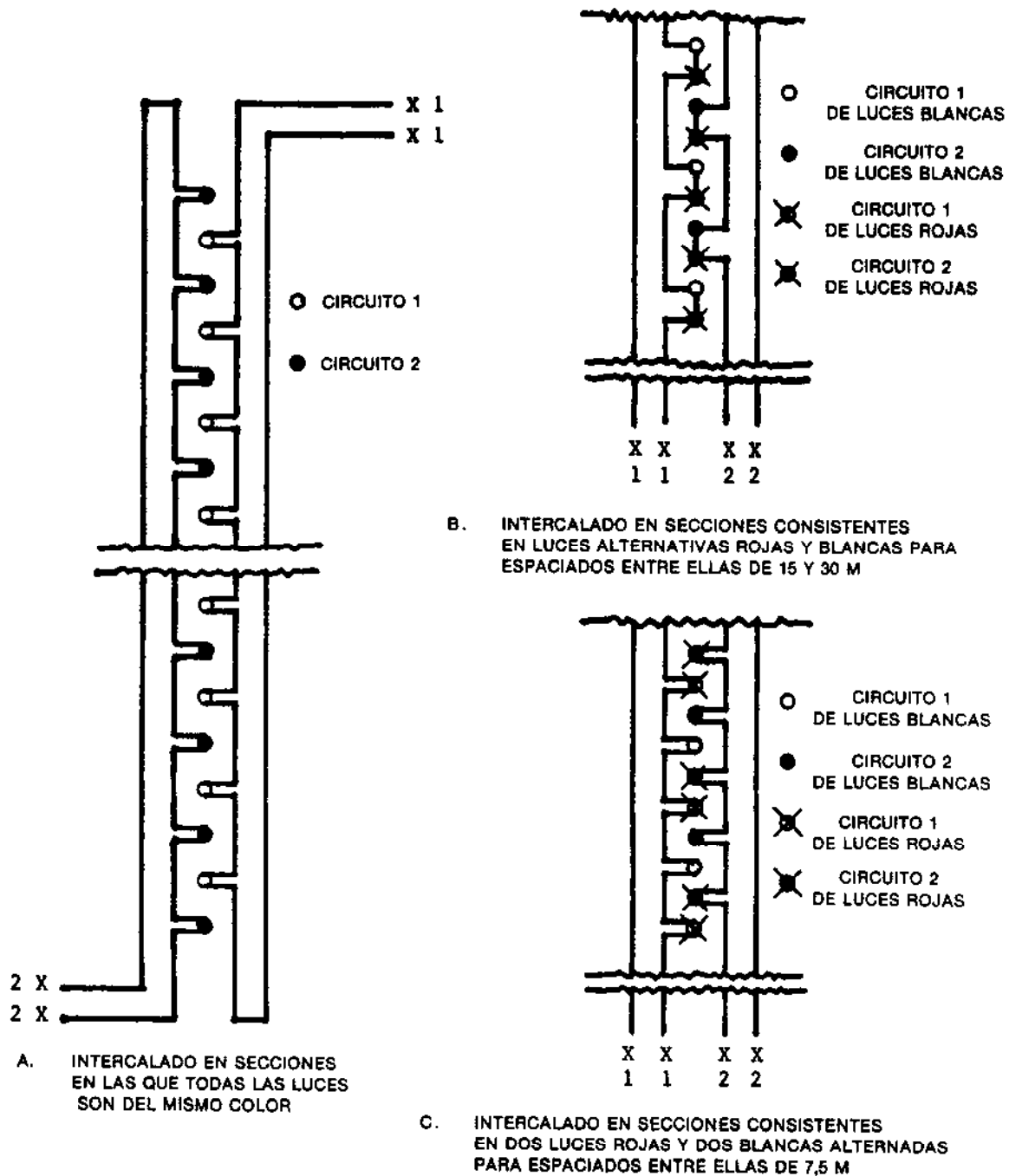


Figura 3-5. Iluminación del eje de una pista o calle de rodaje en dos circuitos intercalados

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

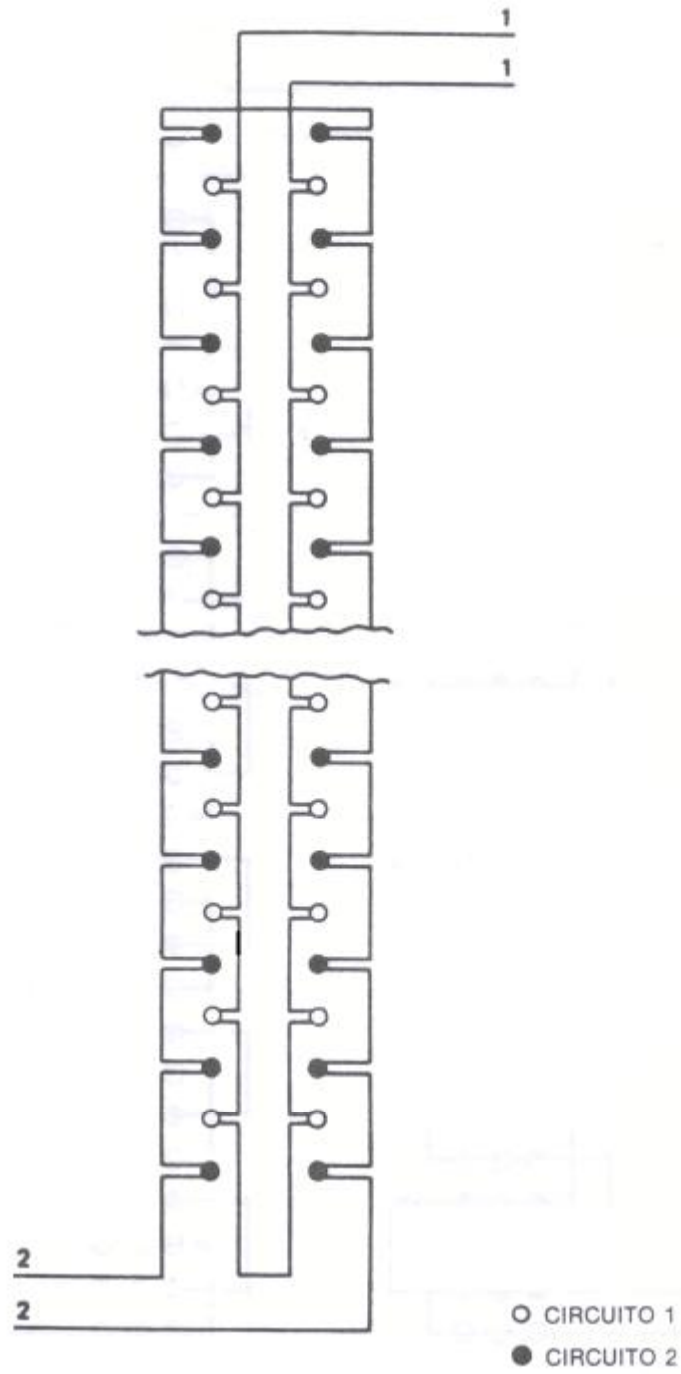


Figura 3-6. Luces de borde de pista en dos circuitos en serie intercalados

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.2.1.4 Reguladores de c.c. La energía eléctrica de la mayor parte de los circuitos de iluminación de superficie de los aeródromos la suministran reguladores de iluminación constante (circuitos en serie). Estos reguladores están proyectados para que produzcan una salida a c.c. que es independiente a la variaciones de carga del circuito y de la tensión de la fuente de alimentación. En virtud de ese mismo diseño, proporcionan dos o más corrientes de salida cuando hay que reducir la intensidad de las luces. A continuación, se indican algunos de los reguladores de c.c. utilizados para la iluminación de los aeródromos:

- a) Regulador de bobina móvil. Estos reguladores se vienen usando desde hace muchos años para suministrar energías a los circuitos de regulación en serie. Este tipo de regulador tiene bobinas primarias y secundarias independiente, cada una de las cuales puede moverse libremente con respecto a la otra, lo que hace que varíe la reactancia de dispersión magnética de los circuitos de entrada y salida. Esta reactancia se ajusta automáticamente a un valor que, al sumarse la impedancia de carga, permite que fluya la c.c.. la corriente de salida deseada genera una fuerza de repulsión que deja flotando a la bobina móvil en la posición que da origen a esta corriente. En virtud de estas circunstancias, se alcanza un estado de equilibrio mecánico cuando la fuerza de repulsión equilibra exactamente al peso de la bobina móvil. Todo cambio de carga o de tensión de entrada encuentra inmediata oposición en el movimiento de la bobina flotante para restablecer el equilibrio electromecánico. El control de la intensidad se consigue usando un transformador con tomas colocado sobre la salida del regulador. Las desventajas fundamentales de los reguladores de bobina móvil son el movimiento mecánico de estas bobinas y los bajos factores de potencia con cargas inferiores a la nominal. Con una carga de un 50% de la nominal, el factor de potencia debe reducirse a un 75% o menos. Además algunos reguladores de bobona móvil requieren ser nivelados con toda precisión y estar aislados de vibraciones.
- b) Reguladores monocíclicos cuadráticos. El tipo estático (es decir, carente de piezas móviles) de regulador de c.c. para circuitos en serie es el monocíclicos cuadráticos. En él, la red reguladora de corriente consiste, normalmente, en dos bobinas inductivas y dos capacidades, cada una de las cuales tiene la misma reactancia (resonancia) a la frecuencia de la energía eléctrica, que están dispuesto en un circuito puente. Con tal red, la corriente del secundario es independiente a la impedancia de la carga. El control de la intensidad se puede ejercer con un transformador de entrada o salida previsto de tomas o con otro de entradas continuamente variable. Las ventajas de este tipo de regulador son las de carecer de partes móviles y tener un elevado factor de potencia. Las desventajas, por el contrario, son la falta de compensación de las variaciones de tensión de entrada y de los efectos adversos sobre la regulación motivada por las cargas que hacen que aparezcan altas frecuencias armónicas en el circuito resonante, como son los secundarios en circuito abierto de los transformadores de aislamiento en serie y las lámparas de vapor gaseoso.
- c) Regulador de compensación de tipo estático. Mediante la detección de la corriente del secundario del regulador, se pueden ajustar la red monocíclica cuadrática o reguladora de corriente para compensar las variaciones de tensión primaria y las frecuencias armónicas debidas a los secundarios en circuito

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

abierto de los transformadores de aislamiento. Esta compensación mejora la regulación de corriente e impide que se reduzca la duración útil de las lámparas alimentadas con la citada corriente nominal del secundario.

- d) Reguladores de c.c. con control de estado sólido. Estos reguladores emplean circuitos de estado sólido de c.a. para controlar la reactancia de dispersión de los transformadores. La técnica permite el uso de bajos niveles de control para obtener de los reguladores una c.c. con las características eléctricas de los circuitos de resonancia en serie a tensión constante. Estos controles de estado sólido permiten disponer de unos reguladores compactos de respuesta rápida y elevado factor de potencia, con la posibilidad de un fácil mantenimiento de los citados controles.

3.2.1.5 Características generales de los reguladores de c.c.. los generadores de c.c. que alimentan a los circuitos de iluminación de los aeródromos tienen las siguientes posibilidades:

- a) Mantener una salida de c.c. dentro de un $\pm 2\%$ cualquiera que sea la carga, desde la mitad de ésta a la plena carga hasta un 30% de transformadores de aislamiento con secundario en circuito abierto.
- b) Indican una derivación a tierra en el circuito sin dejar de permitir que éste trabaje normalmente cuando esa derivación es única.
- c) Tienen un alto grado de fiabilidad y, en consecuencia, carecen de piezas móviles.
- d) Incorporan un dispositivo de apertura de circuito que bloquea la tensión del primario en dos segundos y obliga a la reposición del regulador.
- e) Responden a cambios del circuito en menos de 15 ciclos.
- f) Incorporan un dispositivo de seguridad que pone fuera de servicio al regulador o reduce la corriente en caso de ser ésta excesiva.
- g) Proporcionan el número necesario de ajustes de intensidad o un control continuamente variable de ella, según el caso. El regulador debe diseñarse para poder cambiar ese ajuste de intensidad sin tener que desactivarlo.
- h) Aíslan eléctricamente al circuito primario de alimentación del secundario de alimentación.
- i) Trabajan continuamente a plena carga con temperaturas ambiente entre -40°C y $+55^{\circ}\text{C}$, humedad relativa del 10 al 100% y altitudes hasta 2 000 m.

3.2.1.6 Características de régimen de los reguladores de c.c.. A continuación se dan algunos ejemplos de las características de régimen de los reguladores de c.c. de que se dispone:

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- a) Potencia. Cargas de salida (secundario) entre 4 y 70 kilovatios (kw). En estas potencias hay muchos tamaños.
- b) Corriente del secundario (salida). Las más comunes son de 6,6 y 20 A. Las unidades más frecuentemente utilizadas son las que proporcionan 6,6 A para cargas de hasta 30 kw y 20 A para cargas de 10 y más kw.
- c) Frecuencia. La requerida por la frecuencia de alimentación primaria que normalmente es de 30 ó 60 Hz.
- d) Tensión del primario. Se vienen usando tensiones nominales del primario entre 120 y 12 000 voltios. Hay un estado que utiliza tensiones del primario de 240 voltios (V) para potencias de hasta 30 kw y de 2 400 V para potencias de 10 a 70 kw, pero también es posible usar tensiones diferentes en el primario.

3.2.1.7 Transformadores de aislamiento. Casi todos los circuitos de iluminación de aeródromos usan transformadores de aislamiento para dar continuidad al circuito en serie con el propósito de que la falta de una lámpara no se traduzca en una avería en circuito abierto. La segunda función de los transformadores de aislamiento es aislar eléctricamente entre sí la lámpara y el circuito de alta tensión con fines de seguridad. Es posible conseguir también la continuidad del circuito valiéndose de dispositivos de derivación, como seccionadores de películas, que ponen en corto la lámpara cuando ésta falla, pero con semejante configuración, la lámpara puede adquirir un elevado potencial al activarse el circuito. Los transformadores de aislamiento se usan para aplicar la corriente adecuada a la lámpara si esa corriente difiere de la del circuito en serie.

- a) Diseño de transformador. Un transformador de aislamiento consiste en un devanado primario y en otro secundario enrollados sobre un núcleo magnético y encerrados por una envoltura por la que salen hilos del primario y del secundario para la conexión del circuito en serie a la lámpara. El primario y el secundario están eléctricamente aislados pero asociados entre sí por un circuito magnético. El secundario está sujeto a un potencial eléctrico menor, y uno de sus extremos debe llevarse a una conexión de toma de tierra. El núcleo de un transformador de aislamiento funciona de tal manera que no se encuentra magnéticamente saturado, pero si se satura la lámpara o se pone en circuito abierto el secundario, manteniéndose de este modo la magnitud del primario. Si se cortocircuita la lámpara, el transformador de aislamiento pasa a una condición de ausencia de carga y se produce un efecto mínimo sobre el circuito en serie. Estos transformadores deben poder trabajar permanentemente con la carga de régimen, en circuito abierto o en cortocircuito sin experimentar daño. La relación de espiras entre las bobinas del primario y del secundario de un transformador serie/serie es de 1:1 si la corriente de la lámpara es la misma que la del circuito en serie, pero resulta inversamente proporcional a la relación de corriente cuando no ocurre así.
- b) Envoltura. La caja protectora en la que se alojan el núcleo, los devanados y los hilos, puede ser de metal, caucho o plástico y tiene que tener la posibilidad de ser enterrada directamente, colocarla bajo agua y sobre bases, o quedar expuesta a la intemperie, esta caja debe proteger a la unidad contra todo daño

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

tanto si se deja caer como si se mantiene suspendida por un solo hilo. Además evitará que entre agua a elle o por donde pasan los hilos, manteniendo su elasticidad para evitar astillamientos o daños a muy bajas temperaturas y protegerá a la unidad durante su manipulación, almacenaje, instalación y puesta en servicio. Los hilos del primario no deben ser de más de 8,4 mm² de sección y estarán aislados para no menos de 5 000 V, no debiendo tampoco ser su longitud menor de 50 cm. Por lo general, estos hilos tienen un conector tipo clavija en uno de ellos y una toma en el otro apropiada para la conexión al cable del circuito en serie. Los hilos del secundario deben ser de doble conductor con una sección de cada uno de éstos no menor de 3,3 mm², estar aislados para unos 6 000 V y tener una longitud de 100 cm o más. Normalmente, estos hilos tienen un conductor de dos conductores apropiados para la conexión a la luz.

- c) Temperatura ambiente. Estos transformadores deben poder trabajar a temperaturas entre -55° C y +65° C.
- d) Capacidades de los transformadores de aislamiento serie/serie. Las capacidades de los transformadores de aislamiento se relacionan con su potencia de salida, corriente del primario y del secundario, frecuencia y tensión de aislamiento de uno y otro devanado. Estos transformadores se pueden fabricar con facilidad para cualquier capacidad deseada. A continuación, se indican algunos de los valores de régimen más frecuentemente existentes:
 - 1) Potencia. Frecuentemente se usan potencias de 30, 45, 65, 100, 200, 300 y 500 vatios, y, a veces, unidades de 1 000 y 1 500 vatios.
 - 2) Corrientes. Las corrientes se suelen dar como relaciones entre las del primario y secundario. Las capacidades normales de corriente son 6,6/6,6; 20/20; 6,6/20 y 20/6,6 A.
 - 3) Frecuencia. Las frecuencias más generales son las de 50 y 60 Hz. Lo preferible es que el transformador se use a una frecuencia para la que ha sido proyectado.
 - 4) Aislamiento. Casi todos los transformadores de aislamiento están aislados para 5 000 V en el primario y 600 V en el secundario. Los transformadores de mayores potencias pueden requerir un mayor aislamiento del secundario por ser más alta la tensión en circuito abierto.
- e) Alimentación de varias lámparas por un solo transformador. Es preferible que cada luz esté alimentada por su propio transformador de aislamiento. En ocasiones, para reducir el costo de la instalación, como ocurre al instalar las luces de los ejes de pistas o disminuir la masa o resistencia de los cables, como también se emplean soportes altos y frágiles para las luces de aproximación, se pueden conectar varias lámparas en serie sobre un único transformador de aislamiento. Naturalmente el transformador debe tener capacidad para alimentar la carga total de las lámparas más las pérdidas en línea. Esta configuración presenta dos problemas: en primer lugar, si falla una lámpara y da origen a un circuito abierto, no funcionan las otras a menos que se utilice el dispositivo apropiado de variación y, en segundo lugar, en el instante en que se produce la apertura del circuito puede hacerse muy grande la tensión

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

instantánea del secundario, especialmente cuando son grandes los transformadores de aislamiento. A continuación, se tratan estos problemas.

- f) Efectos de los secundarios en circuito abierto de los transformadores de aislamiento. El diseño de la mayoría de los transformadores de aislamiento limita la tensión eficaz de los secundarios en circuito abierto a 300 V o menos. Sin embargo, la tensión instantánea de algunos transformadores de aislamiento en el momento en que tiene lugar la apertura del circuito puede llegar a exceder los 1 000 V. Los transformadores de aislamiento con núcleos magnéticos proyectados para saturarse a una tensión que sólo es ligeramente superior a la de trabajo, suelen tener bajas tensiones eficaces e instantáneas crestas con el secundario en circuito abierto que en transformadores menos saturados. Las altas tensiones eficaces en circuito abierto exigen un mayor aislamiento del secundario y presentan peligros más grandes de descarga eléctrica pero también es cierto que hacen más fiables la activación de los seccionadores de película. La reactancia de los transformadores de aislamiento serie/serie con secundario en circuito abierto distorsiona la forma de onda de la corriente del primario, y la frecuencias armónicas pueden afectar a la regulación de algunos tipos de reguladores de c.c.
- g) Dispositivos de derivación de las lámparas. Cuando las lámparas están conectadas a un circuito en serie o si forman un grupo en serie sobre un único transformador de aislamiento, si se abre el filamento de una de las lámparas quedan fuera de servicio todas las del grupo a menos que esté conectado un dispositivo de derivación entre los terminales de la lámpara averiada. Desde los primeros días en que se usaban circuitos de iluminación en serie sin transformadores de aislamiento, se empleaban también seccionadores de película de fusible para derivar las lámparas averiadas. En este dispositivo, se conectan contactos cargados a resorte entre los terminales de cada lámpara. Estos contactos se hallan separados por un seccionador de película consistente en un pequeño disco de una fina película no conductora entre superficies exteriores conductoras. Cuando la lámpara está funcionando, el disco de película mantiene a los terminales de la lámpara aislados entre sí, y el filamento completa el circuito en serie. Si falla el filamento, aumenta rápidamente la tensión entre los terminales hasta un valor tal (que puede ser de 1 000 V) que hace que se perfore la película y, cortocircuitando los terminales de la lámpara, restablece el circuito serie antes de que se active la protección contra apertura del circuito del regulador de c.c.. al sustituir la lámpara, hay que instalar un nuevo seccionador de película con fusible. Puede suceder que, cuando se trata de un circuito pequeño conectado en serie con el secundario del transformador de aislamiento, no sea aceptable el corte de las otras lámparas, lo que hace necesario que éstas dispongan de dispositivos de derivación. La tensión pico en un secundario en un circuito abierto de algunos transformadores de aislamiento puede ser de 100 a 200 V, o menos. Existen seccionadores de película con fusibles que trabajan a estas tensiones, pero puede ocurrir que no sean fiables porque la tensión del circuito abierto no consigue perforar el seccionador de película y cortocircuitar la lámpara averiada. Un resiente desarrollo del dispositivo de derivación para las lámparas en estos circuitos es el relé cortocircuitador. Estos relés son más costosos que los citados seccionadores de película, pero ofrecen mayores seguridades.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 3.2.1.8 Conexiones de los circuitos serie. Las conexiones de los circuitos serie deben hacerse con todo cuidado para garantizar la continuidad del circuito y evitar que se produzcan derivaciones a tierra. El regulador podría dañarse si no estuviese bien protegido contra apertura del circuito. La mayoría de las averías por derivaciones a tierra en los circuitos en serie se producen, precisamente, por estas conexiones. Una sola derivación a tierra no es causa para que fallen las luces, pero dos, o más, cortocircuitan todas las que hay entre los puntos de averías.
- 3.3 Circuitos en paralelo (múltiples).
- 3.3.1 Uso de los circuitos en paralelo (múltiples) para la iluminación de los aeródromos.
- 3.3.1.1 No se recomiendan el uso de circuitos en paralelo (múltiples) para la iluminación de los campos de aviación de grandes dimensiones y/o sistemas de iluminación complicados por las siguientes razones:
- a) Los circuitos en paralelo exigen, por lo general, instalaciones de cableado mucho más costosas que el circuito serie de altas tensión.
 - b) No es fácil conseguir equilibrar con exactitud el brillo de todas las luces de la configuración.
 - c) Es mucho más probable que se funda o averíe un gran número de lámparas de circuito porque los reguladores de tensión media no pueden controlar las fluctuaciones de la tensión de entrada cuando éstas son muy rápidas.
- 3.3.1.2 Ante estas circunstancias, sólo deben usarse circuitos en paralelo cuando sean pocos los puntos de luz del circuito y no resulte crítica la precisión del equilibrado de la intensidad, como, por ejemplo, en una calle de rodaje corta. Los aeródromos más pequeños con pistas y calles de rodaje cortas pueden emplear tensiones en paralelo para su iluminación.
- 3.3.1.3 Efectos de las averías. Si los aparatos de luz están conectados sobre el circuito de iluminación, el hecho de que falle una lámpara o se produzca una apertura de circuito en uno de esos aparatos no afecta seriamente el circuito de iluminación, pero un cortocircuito constituirá una condición de sobrecarga y, según el dispositivo protector utilizado (fusible o disyuntor), puede dejar fuera de servicio todas las luces. Para proteger el circuito de iluminación es frecuente conectar cada lámpara al lado de la tensión de línea del circuito por medio de un fusible.
- 3.3.1.4 Características de la tensión. La mayoría de los aparatos de luz en paralelo están conectados para aplicarles bajas tensiones (menos de 300 V) y la tensión del circuito es la requerida por las lámparas o, de no ser así, se usan transformadores reductores. Las luces se pueden alimentar por un solo circuito conectado entre línea y neutro o alternando entre le neutro y la tensión en línea a uno y otro lado del neutro. Como ejemplo de estos circuitos están los de 120 V entre línea y neutro y los de 240/120 V (240 V entre líneas y 120 V entre línea y neutro). Es frecuente usar otras tensiones. Normalmente, los cables usados en los circuitos de iluminación en paralelo están aislados para 600 V, lo que limita la tensión de los circuitos de iluminación en paralelo o a más de 500 V.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 3.3.1.5 Transformadores reductores. El uso de más altas tensiones para la transmisión de la energía eléctrica reduce la caída de tensión en línea y, después, los transformadores disminuyen el valor de la tensión a la más apropiada para su distribución local. Análogamente, la energía de los circuitos de iluminación de los aeródromos puede estar a más alta tensión en los circuitos de los alimentadores y ser reducida por medio de un transformador reductor al comienzo del circuito de iluminación para ajustarse a la tensión deseada del circuito. A veces, es conveniente usar para los alimentadores cables largos de baja tensión como los instalados y disponibles suponiendo que estos cables tengan aislamiento para 600 V, se puede reducir la caída en líneas usando una más alta tensión dentro del límite de aislamiento de los cables de alimentación y reduciendo la tensión de los transformadores reductores a la entrada del circuito o a los aparatos de luz individuales. Un ejemplo de ello consiste en usar 480 V en los alimentadores y reducir la tensión a 120 V en el circuito de iluminación. El uso de los aparatos de luz en el aeródromo con lámparas de 6 a 30 V suele ser más efectivo que el ejemplo de lámparas de 120 a 240 V. Así, cuando haya que usar transformadores reductores para luces individuales, o para un pequeño grupo de luces de una barreta, es preferible seleccionar luces que empleen lámparas de baja tensión. A menos que estén protegidos individualmente por fusibles, los transformadores reductores como los indicados deben ser, si se usan, de un tipo de alta reactancia a fin de que si en la parte del sistema de iluminación alimentada por un transformador se produjera un cortocircuito, no falle todo el sistema.
- 3.3.1.6 Transformador de tensión constante (v.c.). Puede ser ventajoso usar un transformador de v.c. en el punto de una luz que recibe corriente por un alimentador largo para comenzar los cambios de caída de tensión en línea. Por ejemplo, un radiofaro del aeródromo alimentado por un cable largo que, además, lleva corriente a una serie de cargas intermitentes que provocan amplias fluctuaciones de caída de tensión.
- 3.4 Control de los sistemas de iluminación de los aeródromos.
- 3.4.1 Circuito de control.
- 3.4.1.1 El circuito de control de la iluminación del aeródromo proporciona los medios adecuados de conexión. Y desconexión así como del cambio de intensidad de los distintos sistemas de iluminación. Estos controles pueden ser manuales o automáticos.
- 3.4.1.2 Control manual local. El sistema de control más sencillo es un conmutador en la fuente de alimentación del circuito que acciona una persona para activar o desactivar aeródromos pequeños o en otros varios circuitos asociados a la iluminación. Algunos aeródromos pueden utilizar controles manuales locales como puesto alternativo de control para operaciones de emergencia.
- 3.4.1.3 Control remoto. Los sistemas de iluminación de los aeródromos más grandes son complejos, y el control propiamente dicho está relacionado con las condiciones atmosféricas, hora del día, posible preferencia del piloto, posiciones y maniobras de distintos aviones y otras actividades en el campo. La persona o personas que mejor conocen estas condiciones son los controladores del tráfico aéreo; consecuentemente la mayoría de los controles de iluminación de los aeródromos

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

están en un panel de control remoto de la iluminación en la torre de control del aeródromo y lo accionan los controladores del tráfico. Algunos aeródromos pueden tener estaciones especiales de control, distintas a la de la torre de control, en la que el operador está en comunicación directa con los controladores del tráfico aéreo. El panel de control remoto se conecta a la cámara de iluminación apropiada por medio de un sistema de cables para poder controlar los circuitos de iluminación.

3.4.1.4 Tipos de sistemas de control remoto. En la iluminación de los aeródromos se utilizan varios tipos de sistemas de control. Frecuentemente se emplea corriente alterna (c.a.) para activar los controles. Esta energía de c.a. puede estar en una baja tensión de distribución o a una tensión especial más apropiada por la longitud de los tramos de los cables de control y diámetro de los conductores. Los controles se pueden conectar directamente al dispositivo de control de la energía desde el panel de control remoto o por medio de relés auxiliares que activan esos dispositivos de control. Algunos dispositivos de control usan c.c. para la tensión de control, especialmente para reducir el acoplamiento inductivo entre circuitos. Hay grandes aeródromos con circuitos de control muy complejos que usan sistemas múltiples de control para aumentar la flexibilidad en beneficio de ampliaciones y variaciones de la configuración de la iluminación para facilitar cambios en los requisitos de control. En algunos países, determinados aeródromos utilizan señales de radio para el control, bien de aire- tierra para los pilotos o de tierra- aire para equipos situados en lugares a los que no pueden acceder fácilmente los circuitos de control. Estos sistemas de control deben poder ofrecer un alto grado de fiabilidad operacional y estar proyectados para proporcionar, en todo lo posible, la integridad de las configuraciones de iluminación elegida con dependencia de las averías de los cables o fallas de los equipos. Cuando sea practicable, se pueden usar equipos de estado sólido, aunque pueda ser que sean más satisfactorios los relés en la interfase entre los circuitos de control y los equipos que reciben energía de los circuitos de iluminación.

3.4.2 Paneles de control.

3.4.2.1 Panel primario de control. El panel primario de control suele estar en la torre de control y en una consola o panel de control de la iluminación. Este panel se debe proyectar para proporcionar al operador conmutadores de control, luces indicadoras de circuitos en funcionamiento y controles de intensidad, así como sus correspondientes elementos de indicación que sean fácilmente identificables en todas las condiciones de iluminación de la sala de control. Para lograr dicho objetivo, puede ser necesario que haya leyendas autoiluminadas para los sectores de control y un sector de nivel de brillo en la consola para las lámparas indicadoras. Es ventajoso que se normalice la disposición de los medios de control e indicación, y hoy se tiende a disposiciones modulares normalizadas de los paneles. Cada servicio debe tener su propio selector de control y grupo de lámparas indicadoras. Es ventajoso que se normalice la disposición de los medios de control e indicación, y hoy se tiende a disposiciones modulares y normalizadas de los paneles. Cada servicio debe tener su propio selector de control y grupo de lámparas indicadoras. Cuando halla una consola de control independiente para cada pista puede combinarse un diagrama con la consola de control, pero si esta consola atiende todo el aeródromo, puede ser necesario un diagrama de facsímile independiente. Los sistemas complejos de orientación durante el rodaje que usan conmutación selectiva de las luces de eje y de las barras de parada se pueden controlar mejor desde un

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

diagrama operacional con una combinación de lámparas indicadoras/pulsadores para la barra de parada y lámparas indicadoras de las rutas de las calles de rodaje.

- 3.4.2.2 Diagrama de facsímile. Estos diagramas son necesarios para los aeródromos de configuraciones complejas. Se hacen adaptados especialmente a las configuraciones de cada caso y, por tanto, son muy costosos. Los paneles con las pistas y calles de rodaje delineados en colores contrastados se construyen para ofrecer una presentación visual diagramática de los servicios de iluminación. También se pueden usar con este objetivo las fibras ópticas.
- 3.4.2.3 Controles. Los tipos de conmutadores y controles deben permitir su fácil identificación, ofrecer indicación positiva de la situación operacional y estar agrupados de modo que asocien funciones y circuitos relacionados entre sí. Por su tipo, no deben permitir que se les accionen fácilmente.
- 3.4.2.4 Panel alternativo de control. Igualmente, se debe prever el control local de las cámaras o centro de control de la iluminación para permitir la activación de las luces de aeródromo en aquellas circunstancias en la que no funcione el sistema de control remoto. Todos los sistemas de iluminación esenciales para el funcionamiento del aeródromo deben tener un panel alternativo de control. Este último debe estar situado de modo que sea accesible para el operador sin que este tenga que entrar en una zona en la que haya equipos de alta tensión o aparatos de conmutación. Frecuentemente, el panel alternativo de control está en una sección de la cámara de iluminación próxima a la entrada y separada de la zona en la que se encuentran los equipos de energía eléctrica. Por lo general, sólo hay un panel alternativo de control, situado en la cámara donde están los equipos que suministran corriente a los circuitos de iluminación específicos que atienden. Así, puede haber varios paneles alternativos de control, cada uno de los cuales controlan distintos circuitos. Algunos aeródromos pueden usar panel alternativo de control central, similar al panel primario de control remoto situado en el centro de control, para operaciones de emergencia. Los reguladores de c.c. suelen incorporar controles en cada uno para el funcionamiento de ese regulador con fines de mantenimiento o durante una emergencia. Las únicas personas que pueden usar esos controles son los debidamente autorizados para ello.
- 3.4.2.5 Panel de relé de transferencia. En beneficio de la seguridad del personal de mantenimiento y para evitar ejecutar operaciones de control que entren en conflicto mutuo, debe ser posible que sea sólo una estación de control la que active a un circuito determinado. Para conmutar la capacidad operacional desde el panel primario al alternativo de control se usan paneles relés de transferencia. Para acomodar todos los circuitos de control, pero, por lo general, basta un solo conmutador de transferencia para actuar sobre todos los paneles de control. Los paneles de transferencia de control y el conmutador de transferencia están colocados, normalmente, en el mismo sitio que el panel alternativo de control.
- 3.4.3 Uso de relés.
 - 3.4.3.1 Paneles de relés con circuitos de control. Cuando los circuitos de control son largos, la caída de tensión en la línea puede ser tal que no sea posible que los dispositivos de control de energía sean operados directamente desde el panel primario de control remoto. Incluso circuitos que antes trabajaban satisfactoriamente pueden

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

dejar de hacerlo después de añadir otros circuitos de control. Para permitir el control a distancias mayores, se pueden usar relés con bobinas de baja corriente para activar los controles de los circuitos eléctricos. Estos relés se pueden montar en paneles en los que hay varios de ellos (16 ó más). (Estos paneles de relés se denominan, a veces, paneles de relés pilotos). Cada línea de control que sale del panel primario de control puede tener un relé. Los contactos de estos relés controlan la corriente a los conmutadores o controles de funciones de los equipos eléctricos.

3.4.3.2 Relés en el campo. Algunas ayudas visuales o circuitos cortos de iluminación (radiofaros de aeródromos, indicadores de la dirección del viento, secciones de luces de obstáculos, sistemas sencillos de iluminación de aproximación, etc.) pueden recibir su corriente desde una cámara de iluminación o desde una fuente de alimentación. Si la energía eléctrica procede de una fuente local, el relé que controla esas luces puede estar situado en la luz o fuente de alimentación, o cerca de ellas. Si los cables de control son largos, puede suceder que los conductores del cable de control tengan que ser de gran diámetro para reducir la caída de tensión. El relé se debe seleccionar para trabajar con la tensión de control disponible cuando se active este relé. Asimismo, si hay que colocar el relé en el exterior, tendrá que protegerse contra las más disímiles condiciones atmosféricas a las que puede estar sometido. Finalmente, se debe prever su bloqueo para garantizar la seguridad necesaria.

3.4.4 Interconexión de controles.

3.4.4.1 Es frecuente que las operaciones en el aeródromo sean tales que hay ciertas combinaciones de luces que se usen juntas siempre que otras combinaciones están prohibidas. He aquí algunos ejemplos:

- a) Las luces de borde de pista, de umbral y de extremo de pista pueden activarse al mismo tiempo aunque la corriente que reciban proceda de distintos circuitos;
- b) Las luces de borde de pista pueden activarse sin que lo sean las de eje de ella, pero si se usan las luces de eje de pista se activarán las de borde;
- c) Las luces de destellos sucesivos del sistema de iluminación para aproximación sólo se pueden usar cuando las incandescentes del sistema están en la fase de máxima intensidad;
- d) El ajuste de control de intensidad para una s determinadas condiciones atmosféricas pueden activar el sistema de iluminación para aproximación en una fase de intensidad, las luces de pista en otra fase de intensidad y las calles de rodaje en otra fase; y
- e) Las pistas que se cruzan no deben iluminarse simultáneamente. Sólo mediante la correcta interconexión de los controles y circuitos de control, se pueden obtener combinaciones deseadas o prohibir otras indeseadas, ejecutando el controlador sencillas operaciones, con menos posibilidades de error. Cada aeródromo debe considerar las posibles interconexiones de control en relación con sus instalaciones y procedimientos operacionales.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.4.5 Controles automáticos.

3.4.5.1 Algunos tipos de ayudas de iluminación de aeródromos se pueden controlar satisfactoriamente con controles automáticos. Estos controles automáticos se usan más frecuentemente en aeropuertos pequeños, pero pueden emplearse para ayudas visuales menos críticas en grandes aeródromos, especialmente en lugares que no se pueden conectar fácilmente los circuitos de control. Pueden usarse controles fotoeléctricos para activar y desactivar radiofaros de aeródromos, indicadores de la dirección del viento y luces de obstáculos en zonas menos críticas. Los controles se suelen activar con los niveles de luz natural. Casi todos los controles activan el circuito cuando el nivel de iluminación disminuye a unos 400 lux y desactiva el circuito cuando esa iluminación aumenta a unos 600 lux. Se pueden usar controles por reloj para controlar automáticamente la iluminación de los aeródromos con capacidad visual únicamente. Los controles por reloj se emplean muchas veces en aeródromos en que se apagan las ayudas visuales a una determinada hora para ahorrar energía. Se pueden usar controles térmicos accionados por los calentadores de algunas de las ayudas visuales y evitar formaciones de hielo, nieve o condensaciones. Estos controles térmicos pueden ser fijos o ajustables para muy distintas temperaturas. Algunas instalaciones pueden necesitar control manual para inhabilitar el automático de ciertos circuitos de iluminación.

3.4.6 Controles radio remotos.

3.4.6.1 Durante varios años sean usado, en grado limitado, señales de radio enviadas desde el avión para controlar los sistemas de iluminación de los aeródromos más pequeños. Este método tiene más ventajas por cuanto permite al piloto seleccionar la intensidad luminosa que prefiera, elimina la necesidad de costosos cables de control y ahorra energía, porque el sistema de iluminación está desactivado mientras no se necesite. Existen controles radio para sistemas de aire- tierra, tierra- tierra, o una combinación de uno y otro. El control por radio permite regular la intensidad y activar los circuitos de iluminación. Casi todos los controles radio desactivan automáticamente los circuitos de iluminación de 15 a 60 minutos después del último contacto. Estos medios se han utilizado para controlar las luces de borde de pista, de calle de rodaje, sistemas sencillos de iluminación de aproximación, sistema visuales indicadores de pendiente de aproximación, tanto como sistemas individuales o combinados de una forma predeterminada. El control radios de los sistemas de iluminación de aeródromos desde aviones sólo debe utilizarse en los aeródromos no controlados o en otros durante períodos en los que no se ejerce control del tráfico. Los sistemas de iluminación que no se deben controlar por radio son los de luces de obstáculos, radiofaros de aeródromos, sistemas de iluminación de aproximación de precisión, luces de eje de pista y las de toma de contacto.

3.4.6.2 Para operaciones aire- tierra, no se instala en el aeropuerto más que un receptor y un decodificador. La señal de activación puede consistir en una corta serie especificada de "clicks" originados al manipular el micrófono de un transmisor de comunicaciones del avión. El control tierra- tierra se usa, sobre todo, cuando no hay circuito de control por cable ni es práctica su instalación. El control tierra- tierra puede utilizarse temporalmente sólo, hasta que se instalen los cables, o permanentemente, en lugares remotos.

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

3.5 Lámparas.

3.5.1 Características de las lámparas incandescentes.

3.5.1.1 Las lámparas incandescentes se usan en la mayoría de los aparatos de luz instalados en los sistemas de iluminación de los aeródromos. A continuación, se explican las características de las lámparas incandescentes correspondientes al proyecto de los circuitos de iluminación de los aeródromos.

3.5.1.2 La intensidad luminosa, potencia consumida y eficacia (rendimiento) de las lámparas incandescentes es una función compleja de la tensión o la corriente aplicada, como ilustra la Figura 3- 8 y la Tabla 3- 1. Por ejemplo, si la tensión aplicada a una lámpara es de un 5% mayor que la nominal, la intensidad luminosa será 120% de la de régimen, y la duración de la lámpara se reducirá a la mitad de la de diseño. Los efectos de los cambios de corriente de la lámpara son todavía mayores. Si la corriente que circula por la lámpara es 5% mayor que la nominal, la intensidad será un 135% superior a la de régimen, y la lámpara durará 3/10 de su servicio de diseño. Estos valores ilustran la necesidad de controlar rigurosamente la tensión o corriente aplicada.

Tabla 3- 1 Exponentes de las lámparas.

<u>Salida</u> SALIDA	=	<u>(voltios)</u> (VOLTIOS)	3,38	=	<u>(amperios)</u> (AMPERIO S	6,25
<u>Salida</u> SALIDA	=	<u>(voltios)</u> (VOLTIOS)	13,1	=	<u>(amperios)</u> (AMPERIO S	24,1
<u>Salida</u> SALIDA	=	<u>(voltios)</u> (VOLTIOS)	1,54	=	<u>(amperios)</u> (AMPERIO S	2,85
<u>Salida</u> SALIDA	=	<u>(voltios)</u> (VOLTIOS)	0,54			

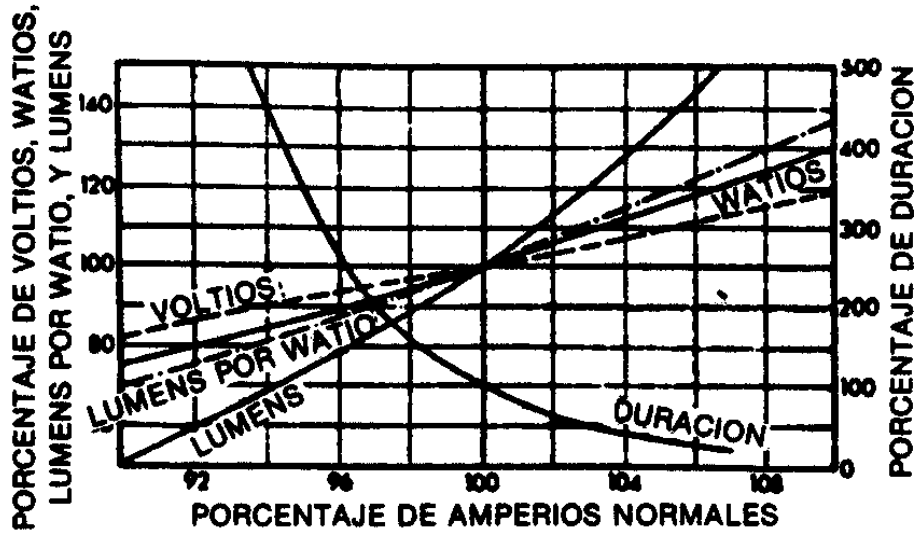
NOTA: Las letras mayúsculas representan los valores nominales.

3.5.1.3 El proyectista de un sistema de iluminación de un aeródromo debe tener cierta libertad para seleccionar las lámparas de ciertos aparatos de luz del aeródromo, y poder elegir una lámpara serie, una múltiple de baja tensión o una múltiple de alta tensión. Para la elección intervienen los siguientes factores:

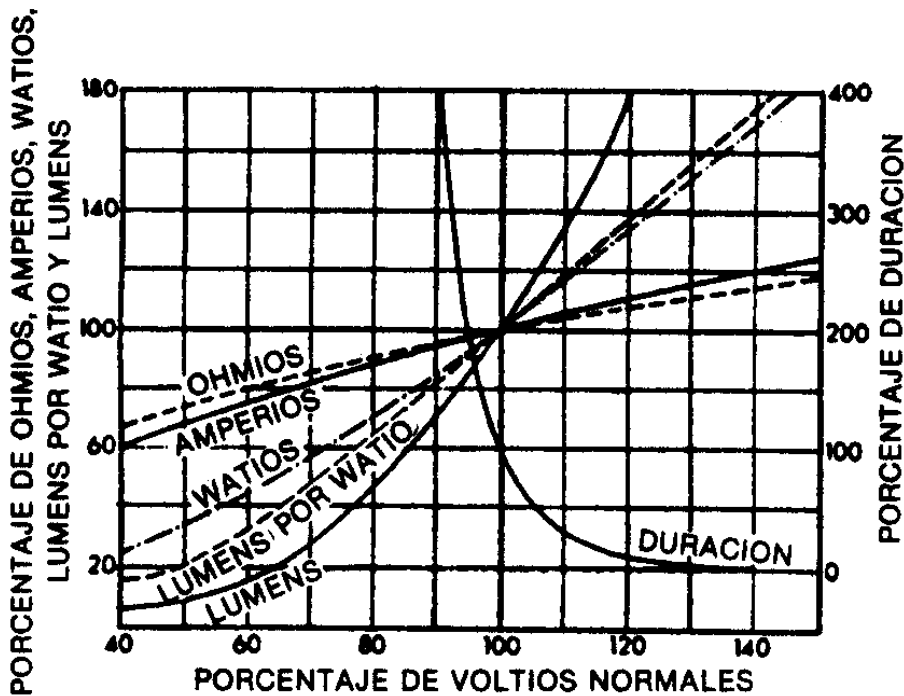
- a) la caída de tensión de las lámparas en serie entre en la categoría de “baja tensión”; la caída de tensión sobre una luz de borde de pista a 6,6 A, 200 watos, es de 30 V, la caída de tensión sobre una lámpara de la luz de aproximación de 20 A, 500 watos, es de 25 V;

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

- b) debido a las diferencias de tolerancias del proyecto, no se deben usar las lámparas en serie en circuito en paralelo, ni emplear lámparas múltiples en circuitos en serie; y
- c) la duración de una lámpara de "baja tensión" es mayor que la de una de "alta tensión" * para igual consumo de potencia e intensidad nominales.



(a) LAMPARAS TIPO SERIE



(b) LAMPARAS TIPO PARALELO (MULTIPLES)

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

En esta sección se usa la “ALTA TENSIÓN” como la normalmente empleada en las luces de uso doméstico.

3.5.1.4 Lámparas de halógeno- tungsteno. Muchas de las lámparas que hoy se usan para la iluminación de aeródromos son de halógeno- tungsteno. Los filamentos de estas lámparas están encerrados en pequeños tubos de cuarzo que contienen cierta cantidad de halógeno, como yodo, además del gas inerte normal de llenado. Al calentarse el filamento, se evapora el tungsteno del mismo y se condensa en las paredes de la envoltura de la lámpara. El halógeno vaporizado se combina con este condensado para formar un vapor. Este vapor se desplaza al filamento caliente donde se disocia para volver a depositarse el tungsteno en el filamento. El proceso reduce el ennegrecimiento de la bombilla, aumenta la duración de la lámpara, mantiene mejor la intensidad luminosa y mejora el rendimiento de la lámpara. Todo ello a cambio del mayor precio de ésta.

3.5.2 Características de las lámparas de descarga gaseosa.

3.5.2.1 Lámparas para las luces de destellos sucesivos para la aproximación (“estrobos”). Las lámparas usadas en las luces de destellos sucesivos para aproximación son gaseosas, de descargas por condensador, y no incandescentes. La lámpara es un tubo, que puede tener distintas formas, en el que hay un gas inerte, como argón o criptón que emite luz cuando se origina un arco en el gas. La fuente de alimentación carga unos condensadores eléctricos para proporcionar energía al arco y genera una tensión de activación que crea el arco al aplicarse la señal de activación. El arco del gas emite un destello luminoso de gran intensidad y corta duración (microsegundos) que agota rápidamente la carga de los condensadores y extingue el arco. La fuente de alimentación y la lámpara exigen muy altas tensiones lo que es un peligro que hay que tener en cuenta al proyectar el sistema de iluminación. La intensidad cresta de estas luces puede ser muy grande, pero de corta duración. El destello debe integrarse para determinar la intensidad efectiva de la luz emitida y su efectividad como ayuda visual. La frecuencia de destello de estas luces está limitada por el tiempo requerido para cargar los condensadores y, normalmente, sólo es de unas pocas veces por segundo. La intensidad luminosa es proporcional al cuadrado de la tensión aplicada al aparato de luz, a menos que tenga una fuente de alimentación regulada.

3.5.2.2 Otras lámparas de descarga gaseosa. El mayor rendimiento de las lámparas de descarga gaseosa estimula su uso. Entre los tipos de estas lámparas figuran las fluorescentes, de vapor de mercurio, de haluro metálico y las de vapor de sodio de baja y alta presión. El uso de las luces de estos tipos se limita, generalmente, a la iluminación de zonas tales como las de las plataformas, salvo por lo que respecta al uso de lámparas incandescentes en algunas luces de calles de rodaje y para la iluminación de señales. Cuando se considere el uso de estos tipos de tales luces se deben investigar los siguientes factores:

- a) Autocebado. Algunas de estas lámparas no pueden volver a entrar en servicio durante varios segundos o minutos después de la extinción del arco. Las interrupciones o conmutación de la energía pueden motivar la pérdida de las luces en momentos críticos. Puede ser conveniente la iluminación de emergencia con otros tipos de lámparas.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- b) Arranque en frío. Algunas de estas lámparas no pueden arrancar o es difícil que lo hagan con bajas temperaturas ambientales.
- c) Control de la intensidad. En estas lámparas es frecuente que no sea posible el control de la intensidad o tener un margen limitado del control en comparación con lámparas incandescentes.
- d) Efectos estroboscópicos. Estos efectos en las lámparas pueden ser muy perturbadores. Cuando se usan lámparas de este tipo, incluyendo la iluminación de zonas, puede ser deseable el empleo de sistemas trifásicos de alimentación, equilibrando la conexión de las luces.
- e) Desviación del color. Típicamente, la luz emitida por estas lámparas cubre una parte limitada del espectro visual. Esto hace difícil el reconocimiento del código de colores, porque estos últimos pueden no tener su aspecto habitual cuando se iluminan las lámparas de descarga gaseosa. El color más particularmente afectado es el "rojo".

3.6 METODOS PARA OBTENER LA INTEGRIDAD Y FIABILIDAD DE LA ILUMINACION DE LOS AERÓDROMOS.

3.6.1 Definiciones de los términos.

3.6.1.1 Los términos integridad y fiabilidad aplicados a la iluminación de los aeródromos no son fácilmente mensurables y definibles. Los esfuerzos hechos hasta ahora para definirlos han llegado a la conclusión de que la fiabilidad es la cuestión del tiempo medio entre las fallas de componentes, en tanto que la integridad comprende asuntos tales como la supervivencia a las fallas de la totalidad del sistema. Se considera que las ayudas visuales deben tener integridad y fiabilidad comparables a la concedida a las ayudas no visuales. Esta fiabilidad está afectada por la selección de los componentes y su uso práctico, y la integridad lo está por el diseño e instalación de los sistemas y por el mantenimiento de los equipos. Es difícil decir qué es la fiabilidad de las actuales ayudas visuales. En general, se considera que las ayudas visuales bien proyectadas y mantenidas tienen una integridad muy elevada y que es extraordinariamente pequeña la posibilidad de que se produzca una falla en un momento crítico. No obstante, hay que hacer todos los esfuerzos razonables para mejorar la integridad y fiabilidad. Los factores eléctricos que afectan a una y otra son los siguientes:

- a) falla del circuito
- b) falla de la fuente de alimentación; y
- c) falla del circuito de control.

3.6.2 Resumen de los medios destinados a mejorar la integridad y fiabilidad eléctricas.

3.6.2.1 Reducción de la falla del circuito. Una práctica habitual es la de usar varios circuitos para evitar que la falla de uno produzca el apagado de todos los sistemas de iluminación. A veces se emplean cuatro circuitos para la iluminación de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

aproximación y umbral. Uno de los circuitos se usa para las luces de umbral y tres para el sistema de iluminación para aproximación. Estos tres circuitos están concebidos para que si falla uno, quede fuera de servicio una de cada tres barretas. Cuando una configuración de iluminación esté alimentada por varios circuitos no se recomienda la práctica consistente en que cada circuito alimente una determinada sección geográfica de la configuración, porque la pérdida de un circuito puede ser motivo de que cambie completamente la configuración. Por ejemplo, si la configuración de iluminación de aproximación está formada por un eje y cinco barras transversales de luces y se alimenta de dos mitades diferentes por dos circuitos, la pérdida de un circuito podría transformar la configuración haciendo que, de estar sustituida por el sistema de luces de eje y cinco barras se convirtiese en un sistema de luces y de tres barras.

- 3.6.2.2 Reducción de la falla de la fuente de alimentación. Se pueden tomar medidas para garantizar la alimentación permanente de corriente al sistema de iluminación. Una de las más sencillas y fiables consiste en tener fuentes alternativas de alimentación procedentes de dos generadores que puedan ponerse en funcionamiento automáticamente en caso de falla de la energía. Se han creado equipos que producen a un intervalo muy corto el tiempo entre la falla de corriente y la aplicación de la corriente del sistema alternativo. Se obtienen velocidades de conmutación de sólo 0,3 a 0,5 segundos con los equipos instalados en conjunción con las pistas de aproximación de precisión. Las velocidades de conmutación de otros sistemas varía entre 10 y 20 segundos. Otro procedimiento que se usa consiste en trabajar con generadores secundarios permanentemente durante momentos críticos como, por ejemplo, en condiciones de baja visibilidad o cuando se pronostica una tormenta. En caso de avería del generador, se procede a la conmutación a la fuente primaria de alimentación. En el Capítulo 2 se tratan estos sistemas y configuraciones.
- 3.6.2.3 Reducción de las fallas del circuito de control. Hay ocasiones en que se desprecian los circuitos alternativos de control. Se presta, ciertamente, una cuidadosa atención a los circuitos de iluminación y a la fuente secundaria de iluminación de ellos, pero no se considera la posibilidad de circuitos alternativos para los controles de las luces desde la torre de control. La probabilidad de que falle un circuito de control puede ser igual a la que se averíe uno de iluminación, y, en consecuencia, debe haber doble circuito de control.
- 3.6.2.4 Consideraciones de integridad y fiabilidad en los proyectos. El proyecto y la instalación de los sistemas de iluminación de los aeródromos pueden afectar la integridad y fiabilidad de formas distintas a la selección de los componentes intercalados de los circuitos. Estos aspectos son, frecuentemente, los mismos que los que se aplican para reducir y simplificar el mantenimiento. Algunas de las características presentes en las decisiones relativas al proyecto son las instalaciones de cables en conductores (canalizaciones) en lugar de enterrar aquellos directamente, usando luces empotradas en sustitución de otras elevadas en zonas en las que el tráfico rodado puede entrar en conflicto con los aparatos de luz, previendo circuitos de hilo de tierra con todo el sistema para reducir los efectos de las descargas atmosféricas y sobre tensiones elevadas, equipando los aparatos de luz con elementos calefactores para eliminar la condensación de humedad, etc. En todo proyecto e instalación la fiabilidad e integridad deben ser factores a tener en cuenta.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.7 VERIFICACION DE LOS CIRCUITOS DE ILUMINACION DE LOS AERÓDROMOS.

3.7.1 Métodos de verificación.

3.7.1.1 La sección 8.3 del Anexo 14 dice que se debe emplear un sistema de verificación de las ayudas visuales para garantizar la fiabilidad del sistema de iluminación. Esta verificación se puede llevar a cabo por medio de observaciones visuales o utilizando un sensor automático. Por lo que respecta a la verificación visual, si se hace excepción de lo que ve el control de tráfico aéreo y de lo que informan los pilotos, es raro que se use. Algunas de las formas de verificación de sistemas de iluminación que se utilizan consisten en luces indicadoras que únicamente revelan si están conectados los conmutadores que controlan los circuitos o si han fallado una o más luces de un circuito. La verificación fiable, además de ser deseada es muy necesaria, pero cuando se utiliza de una forma parcial o incompleta, puede dar origen a una sensación de seguridad que, más que favorecer la fiabilidad, la entorpece. Ejemplo de ello son las luces indicadoras que sólo responden a la posición de conmutadores o a la activación de relés de control pero que no detectan el mal funcionamiento de un regulador de c.c. o la puesta fuera de servicio, por una derivación a tierra, de un circuito de iluminación; o también, los monitores de distorsión de la forma de la onda de la energía para detectar fallas de las lámparas, que pueden no responder a la avería de los circuitos de iluminación o a las fallas de los equipos de alimentación o control.

3.7.2 Diseño de los dispositivos de verificación.

3.7.2.1 El dispositivo ideal de verificación de las luces de los aeródromos mide la intensidad de cada luz en las direcciones en que se observa e indica cualquier deficiencia de posición e intensidad. El diseño de los aparatos de verificación puede no ser práctico o posible. El diseño de los aparatos de verificación debe considerar toda aquella información a fin que pudiera ser útil, así como las fallas que sean capaces de detectar. Hay dispositivos que pueden detectar una información importante no revelada por el indicador. Las instrucciones de empleo del sistema de verificación deben manifestar claramente las limitaciones y posibilidades del sistema. Los parámetros que normalmente se miden son la corriente, tensión, potencia, forma de onda, tiempo y emisión fotoeléctrica. Los aparatos de registro de estos valores toman la forma de un monitor, pero es raro que se utilice este tipo de información para una inmediata respuesta o para crear acciones de una forma inmediata.

3.7.3 Clases de monitores.

3.7.3.1 Los monitores se pueden clasificar en activos y pasivos. Los activos toman una acción predeterminada cuando se detecta una condición específica o en un tiempo establecido después de tener lugar esa condición. Pueden citarse como ejemplos de monitores de esta clase los sensores de tensión de las fuentes primarias que, de una forma automática, ponen en marcha al grupo de motogenerador secundario y transfieren carga al fallar la fuente primaria de alimentación, o el control limitador de tiempo de alta intensidad que, automáticamente, se reajusta a un nivel de más baja intensidad, hace sonar a un zumbador y/o activa a una lámpara indicadora después de haber transcurrido 15 minutos durante los cuales las luces se han mantenido a plena intensidad. * Los monitores pasivos generan una señal como la de una lámpara indicadora o un zumbador cuando se produce una condición

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

predeterminada y no cambian ninguna de las operaciones de los sistemas. El operador es quien tiene que valorar el significado de la señal y tomar la acción apropiada. Ejemplo de dispositivos pasivos de verificación son los monitores de las luces de destellos sucesivos que alertan cuando no funciona un determinado número de ellas, o la lámpara indicadora que muestra la activación y funcionamiento de ciertos circuitos.

3.7.4 Controles de inhabilitación de los monitores.

3.7.4.1 Frecuentemente se dispone de controles o procedimientos que se pueden utilizar para inhabilitar o evitar la acción del monitor. Activando un circuito especial o reponiendo un control, el operador puede mantener el funcionamiento de los sistemas sin cambio alguno durante un nuevo período

* La reposición automática de la intensidad no es deseable porque ese cambio podría producirse en el momento en que el piloto se haya en una parte crítica de su aproximación u otro indefinido. Mientras tiene lugar la operación de inhabilitación, puede generarse una señal indicadora de respuesta del monitor para mantener informado al operador de que sistema se encuentre en una condición operacional indeseable. Como ejemplo, puede citarse el de la reposición del temporizador de operaciones de intensidad total al comienzo de cada aproximación en condiciones de baja visibilidad para cerciorarse de que las luces no cambian automáticamente a más baja intensidad durante la operación de aproximación.

3.8 CIRCUITOS ELECTRICOS DE LA AYUDA PARA LA RADUIONAVEGACION.

3.8.1 Tipos de ayudas para la radionavegación.

3.8.1.1 Los tipos de ayudas para la radionavegación que pueden estar situados en el aeródromo, o en sus proximidades, y que requieren energía eléctrica procedente del sistema de alimentación del aeródromo o de uno independiente, son variables según el aeródromo de que se trate. Estas ayudas incluyen, frecuentemente, los sistemas de aterrizaje por instrumentos (ILS), los radiofaros omnidireccionales de muy alta frecuencia (NDV), las instalaciones goniométricas (DF), los sistemas de radar de aproximación de precisión, los equipos radiotelemétricos (DME), el radar de vigilancia aérea (ASR) y otros equipos análogos. La mayoría de los aeródromos tienen algunos de estos equipos, y los requisitos de alimentación eléctrica pueden obligar a tener en cuenta consideraciones especiales. Obsérvese que el ILS para operaciones de Categoría II y III es un equipo de mayor precisión que el que se precisa para operaciones de Categoría I.

3.8.2 Características eléctricas.

3.8.2.1 La energía eléctrica destinada para la radionavegación suele ser de la c.a. existe la posibilidad de utilizar baterías para poner en marcha las fuentes secundarias de alimentación y suministrar corriente a algunos sistemas ininterrumpibles de energía. Esta c.a. suele ser de 50 ó 60 Hz.

3.8.2.2 Alimentación primaria. Cuando las ayudas para la radionavegación están situadas en el aeródromo o próximas al mismo, la fuente primaria de alimentación es, por lo

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

general, la misma que la primaria del aeródromo, fuentes que se tratan en el párrafo 2.1.2. Como los Kw totales exigidos por las ayudas para la radionavegación no son muy elevados, normalmente, la energía de entrada a estas instalaciones suele transmitirse un nivel de tensión intermedio y aplicarse a transformadores locales de distribución para reducirla hasta el valor de tensión apropiado para los equipos.

- 3.8.2.3 Alimentación secundaria. Como estas ayudas para la radionavegación proporcionan señales para la orientación de los instrumentos del avión y son esenciales para las operaciones en algunas condiciones, por lo menos, en el Anexo 10, Volumen I, Parte 1, Capítulo 2, exige fuentes secundarias de alimentación para casi todas las radioayudas. El tiempo de conmutación de algunas de estas ayudas para la radionavegación se da en la Tabla 2- 1 y se explica en los párrafos 2.2 y 2.3 de este manual. Las ayudas para la radionavegación están situadas muchas veces en zonas aisladas o en otras muy separadas de edificios que requieren también energía eléctrica. La energía eléctrica secundaria la suelen facilitar los motogeneradores porque, dada la cantidad de potencia necesaria, puede ser más económico instalar una fuente de alimentación secundaria que un segundo alimentador hasta el lugar de utilización. Si se emplea una fuente de alimentación independiente, el alimentador que sale de ella debe ir por una canalización separada o incluso seguir una ruta distinta de la que lleva el alimentador de la fuente primaria. Es más probable que algunas de las ayudas para la radionavegación requieran fuentes de alimentación ininterrumpible que los sistemas de iluminación de los aeródromos. La configuración redundante de la Figura 2- 3 es frecuentemente aconsejable para algunas ayudas para la radionavegación y computadoras relacionadas con ellas.
- 3.8.2.4 Puesta a tierra. Las ayudas para la radionavegación pueden requerir una toma de tierra de menor resistencia y más estabilidad que los sistemas de iluminación de los aeródromos. En este caso se aplican las consideraciones sobre la toma de tierra que se han tratado en el párrafo 2.5.14, pero es frecuente que se hagan más necesarias las redes de toma de tierra. Debe prestarse la mayor atención a los requisitos de toma de tierra del sistema eléctrico de los edificios de las radioayudas y en las antenas. Algunas de las antenas pueden requerir planos especiales de toma de tierra en ciertos lugares. Hay determinadas ayudas para la radionavegación para las que se precisa una adecuada protección contra la corrosión de los sistemas de toma de tierra.
- 3.8.2.5 Pararrayos. La protección contra descargas atmosféricas y sobre tensión de que deben disponer las ayudas para la radionavegación es de mayor importancia que en el caso de la mayoría de los sistemas eléctricos, porque las señales radio se ven más fácilmente afectadas y las antenas suelen ser objetivos preferentes de las descargas eléctricas. El párrafo 2.5.12 explica la protección contra estas descargas. Asimismo, las radioayudas suelen utilizar dispositivos de estado sólido que son vulnerables a las sobretensiones y a las corrientes transitorias anormales. Frecuentemente se usan baterías o convertidores para alimentar con c.c. los aparatos de estado sólido al objeto de eliminar o reducir los problemas de descargas atmosféricas y corrientes anormales.
- 3.8.2.6 Alimentadores de las redes de antenas. Los cables de los equipos de radio y las antenas requieren muchas veces un trato especial. Es muy corriente emplear cables coaxiales para transmitir esas señales. Puede ser que se obligue al cable a que proporcione una correcta adaptación de impedancia entre la salida del generador de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

señales y la entrada a la antena, pero también puede ser necesario que tenga una longitud precisa para el ajuste de fase de las frecuencias. Los equipos de radio indican explícitamente en muchos casos las exigencias impuestas a estos cables, pero hay determinadas ayudas que pueden no expresarlo. Los alimentadores de las redes de antenas deben coordinarse cuidadosamente con el proveedor de los equipos y con los instaladores de las antenas y de las unidades de radio.

3.8.3 Circuitos de control de las ayudas para la radionavegación.

3.8.3.1 Usos de los circuitos de control. Los circuitos de control de las ayudas para la radionavegación se usan, fundamentalmente, para activar y desactivar los sistemas, transferir la señal del transmisor primario al de reserva y viceversa y pasar de la fuente primaria de alimentación a la secundaria.

3.8.3.2 Tipos de circuitos de control. Las ayudas para la radionavegación pueden estar situadas en los aeródromos o a varios Km de distancia. Casi todas ellas proporcionan el control local en el lugar donde se halla el transmisor y el control remoto en uno o más lugares de controles de tráfico o de los equipos. Si las referidas radioayudas están en el aeródromo o en sus proximidades y los controles son relativamente sencillos, se pueden emplear circuitos de control de c.a. o c.c. similares a los utilizados para la iluminación de los aeródromos. Estos circuitos de control se tratan, a título de orientación, en los párrafos 3.4.1.4, 3.4.2.3, 3.4.3.1 y 3.4.3.2. Si son grandes las distancias o complejos los circuitos de control, suelen utilizarse circuitos telefónicos para el control remoto. Marcando un código particular formado por uno, dos o tres números, consigue proceder a la conmutación deseada. El sistema de control mediante marcación telefónica es una forma de control multiplex que puede ampliarse para controlar sistemas muy complejos.

3.8.4 Fiabilidad e integridad de las ayudas para la radionavegación.

3.8.4.1 como ya se ha dicho en el párrafo 3.6.1, la seguridad e integridad de las ayudas no visuales (ayudas para la radionavegación) deben ser compatibles con las visuales. Además de los factores eléctricos que afectan a la iluminación de los aeródromos por falla del circuito, de la fuente de alimentación y del circuito de control para las ayudas para la radionavegación deben transmitir una señal dotada de varias cualidades dentro de tolerancias aceptables. Estas cualidades y tolerancias de las señales de las ayudas indicadas se tratan en el Anexo 10, Volumen, Parte 1, Capítulo 3. El equipo no solo debe estar en buenas condiciones operacionales y transmitir una señal, sino que debe hallarse controlado para garantizar la aceptabilidad de la señal. Lo normal es que sea preferible la ausencia de señal o una señal mala. Para mejorar la fiabilidad, muchas ayudas para la radionavegación tienen transmisores alternativos que están activados y preparados para la radionavegación tienen transmisores alternativos que están activados y preparados para la conmutación la transmisión al fallar el transmisor primario o hacerse presente una señal deficiente. Muchas veces, las ayudas para la radionavegación tienen fuentes individuales secundarias de alimentación que sumen automáticamente si falla la primaria. El sistema de control debe estar proyectado de tal modo que si se avería éste cuando está activada la ayuda por medio del control manual remoto, siguiese funcionando la radioayuda y se conmutase el control automático. El Adjunto F de la Parte 1 del Anexo 10 contiene orientaciones

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

adicionales relativas a la fiabilidad y disponibilidad de las ayudas para la radionavegación.

3.8.5 Verificación para las ayudas para la radionavegación.

3.8.5.1 Verificación de las señales. La verificación de las ayudas para la radionavegación, excepto por lo que respecta a las luces que indican la desactivación del equipo, requiere sensores automáticos de la señal para determinar si ésta es aceptable. La verificación puede ser necesaria para comprobar distintas cualidades de la señal y el funcionamiento de secciones de los equipos. En el Anexo 10, Volumen I, Parte 1, Capítulo 3, se indica la verificación de la señal de estas radioayudas. Puede requerirse el monitor para conmutar automáticamente el transmisor alternativo o desactivar el equipo, así como para señalar los puntos designados de control de las deficiencias de la señal transmitida. Otras ayudas menos esenciales para la radionavegación pueden tener monitores que indiquen si es satisfactorio el funcionamiento en los puntos de control. Si no lo es, el operador puede proceder a las transferencias requeridas. Para las radioayudas con requisitos críticos de señal, el monitor puede desactivar automáticamente el equipo a fin de evitar la transmisión de una señal deficiente si no consigue que sea satisfactoria la de un transmisor alternativo.

3.8.5.2 Verificación de las funciones auxiliares. Para garantizar el funcionamiento satisfactorio de las ayudas para la radionavegación, se pueden controlar estas funciones, entre ellas las tensiones de las baterías para el arranque de la fuente de alimentación secundaria o el funcionamiento de las ininterrumpibles, la temperatura ambiente o de una habitación para mantener el equipo en el ambiente adecuado, y la alimentación de combustible de la fuente secundaria de alimentación. Todos estos medios de verificación pueden tener alarma o indicadores que revelen que las funciones están excediendo los criterios establecidos.

3.9 ENSAYOS DE RECEPCION DE LOS CIRCUITOS ELECTRICOS DE LOS AERÓDROMOS.

3.9.1 Aplicación.

3.9.1.1 Los procedimientos de ensayo que se describen en esta sección se aplica a los de aceptación de nuevas instalaciones y deben realizarse antes de poner el sistema en funcionamiento.

3.9.2 Período de garantía.

3.9.2.1 Cada contrato de instalación debe incorporar una cláusula de garantía que especifique un período mínimo de un año durante el cual el contratista de la instalación asuma las responsabilidades de reparación de todos los cables y equipos o la sustitución de ellos, derivados de un mal funcionamiento o por estar defectuosos esos equipos o los materiales. (Es frecuente que los conectores húmedos o sucios de los cables, y los propios cables, revelen daños varios meses después de su instalación por distintos motivos que no detectamos en su instalación).

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.9.3 Procedimientos de inspección.

3.9.3.1 Examen visual. Los procedimientos más importantes de inspección y ensayo son los visuales. Las inspecciones visuales deben realizarse con frecuencia durante la instalación, al terminar ésta y antes de poner en funcionamiento los circuitos. Una inspección visual minuciosa descubren defectos que pueden ser corregidos antes de la puesta a prueba para la recepción y de la activación de las unidades. Si se someten a pruebas eléctricas o procedimientos de activación de equipos defectuosos, los daños pueden ser irreparables. Las inspecciones visuales deben incluir la evaluación de:

- a) la corrección de las conexiones exteriores;
- b) un funcionamiento adecuado;
- c) la limpieza:
- d) los riesgos para la seguridad; y
- e) los requisitos específicos de los diferentes elementos.

Todos los equipos fabricados para las especificaciones apropiadas deben pasar los rigurosos ensayos a que se someten en fábrica. Antes de su envío, pero hay que inspeccionarlos visualmente e inmediatamente después de su recepción para ver si han experimentado daños durante el transporte.

3.9.3.2 Inspección de cables, conectores y transformadores de aislamiento. Los hilos de los cables primario y secundario de los transformadores deben suministrarse con sus conectores moldeados ya instalados en fábrica. La inspección visual de estas piezas durante la instalación es especialmente importante, porque los pequeños cortes, aplastamiento o un inadecuado tratamiento pueden transformarse en un deterioro progresivo de aquellos y finalmente, en la falla completa de los mismos, pero nunca hasta que ha pasado cierto tiempo después de las pruebas de aceptación. Durante la instalación, se inspeccionarán todos estos elementos para determinar lo siguiente:

- a) que las superficies conjugadas de los conectores moldeados estén limpias y secas al enchufarse entre sí. Si están limpias y secas por dentro, estos conectores de alta tensión, al ser encintados, forman una unión que es igual o superior al empalme convencional de alta tensión. Por el contrario, si estas superficies están húmedas o sucias por dentro, no hay cinta, por grande que sea la cantidad de ellas que se utilice, que de por resultado una conexión satisfactoria. Se recomienda dos o tres vueltas de cintas para mantener ambas piezas unidas entre sí y limpias las líneas de separación. La limpieza de las superficies conjugadas se garantiza al máximo manteniendo puestas las tapas instaladas en fábricas mientras que no se haga la conexión final. Las superficies conjugadas de los conectores no provistos no deben dejarse en contacto con ninguna superficie, tocarse o respirarse sobre ellas. Si hubiera que abrir una conexión, se taparán inmediatamente los conectores;
- b) que se acoplen entre sí perfectamente los conectores. Después de hacer esta operación inicial, puede suceder que la presión del aire atrapado acabe soltando

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

parcialmente la clavija de su enchufe. Si ocurre así, espere a que transcurra unos segundos y vuélvalas a apretar, tras lo cual deben aplicarse dos o tres vueltas de cinta a fin de mantenerla firmemente sujetas;

- c) que los cables no hayan sido cortados por palas, estén retorcidos, presenten muestras de haber sido aplastados por las ruedas de vehículos, daños por rozamiento con piedras, o estropeados por cualquier otra forma durante su manejo e instalación;
- d) que los cables se entierren a la profundidad indicada bajo la superficie del gradiente final y que se cumplimenten todos los requisitos detallados a que obligan las especificaciones de instalación;
- e) que los cables no se crucen directa o mutuamente y se hallen separados a la distancia requerida;
- f) que se ponga por debajo y por encima el material adecuado de blindaje y no hagan contacto con ellos las piedras y/o cualquier elemento extraño que lo pueda dañar; y
- g) que los cables no se hayan doblado violentamente al entrar (o salir) en una de las canalizaciones y reciban el adecuado apoyo por una tierra bien apisonada para que futuros asientos de la misma no puedan ser motivo de incurvamientos bruscos.

3.9.3.3 Inspección de los reguladores de c.c. es necesario inspeccionar todos los reguladores de c.c. para cerciorares de que no están agrietados los casquillos de porcelana, no han experimentado daños durante el traslado, son correcta las conexiones, funcionan libremente los conmutadores y no están bloqueados o entorpecidos por cualquier razón los relés, son correctos los fusibles (si se usan) y adecuado el nivel de aceite en aquellos reguladores bañados en ese líquido. Sólo deben quitarse las tapas de los paneles de los relés cuando haya que hacer estas inspecciones. No hay necesidad alguna de abrir el depósito principal de los reguladores bañados en aceite. Se debe seguir rigurosamente la información que se da en la placa de inspección del regulador. Terminada la inspección, y hechas todas las pruebas, se volverán a colocar las tapas después de haberlas limpiado debidamente.

3.9.3.4 Inspección de los aparatos de luz y de los radiofaros. A este respecto, se debe hacer una inspección para cerciorarse de que los colores, cantidad y posición de las luces concuerdan con los planos de la instalación. Se inspeccionará cada luz para determinar si funciona debidamente, si está agrietado o roto el cristal de la misma, si las lámparas instaladas son las correctas, y si el dispositivo se halla correctamente nivelado y orientado.

3.9.3.5 Inspección de otros componentes. Los componentes tales como paneles de control, muebles de relés, cuadros de maniobra, etc., deben inspeccionarse visualmente para ver si han experimentado algún daño, si son correctas sus conexiones, si las capacidades de los fusibles y disyuntores son las adecuadas y, finalmente, si satisfacen las condiciones impuestas en los planos de instalación.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

3.9.3.6 Pruebas de funcionamiento del sistema. Una vez inspeccionados los componentes y los circuitos en la forma indicada en los párrafos anteriores, se hará la prueba de la totalidad del sistema como se detalla a continuación:

- a) se inspeccionará cada conmutador de los paneles de iluminación de la torre de control haciendo que esos conmutadores lleguen a sus posiciones correspondientes dos veces como mínimo. Durante este proceso, se observarán todas las luces y equipos de las cámaras para ver si cada uno de esos conmutadores controla debidamente el correspondiente circuito;
- b) esta misma prueba debe hacerse utilizando los paneles de la estación alternativa de control (cámara) para repetirla de nuevo con los conmutadores de control local de los reguladores; y
- c) se comprobará cada circuito de iluminación activándolo continuamente a intensidad durante un mínimo de 6 horas. Se hará inspección visual al principio y al final de esta prueba para ver si trabajan a plena intensidad todas las luces afectadas. La reducción de intensidad de algunas de estas luces o de todas ellas en un circuito debe interpretarse como indicador de derivaciones a tierra. por otra parte, se medirá la tensión en los terminales de las lámparas tomando. Por lo menos, una de cada circuito múltiple para ver si se halla dentro del $\pm 5\%$ de la tensión nominal de la misma figura marcada en ella.

3.9.4 Pruebas eléctricas de los equipos de circuitos en serie.

3.9.4.1 Las pruebas eléctricas son valiosas para determinar si la calidad de la instalación es aceptable y si el comportamiento de la misma cumple con todas las condiciones operacionales. Algunas de estas pruebas obligan a hacer uso de circuitos de alta tensión y de mediciones en ellos. Consecuentemente, sólo las deben realizar personas calificadas que estén familiarizadas con los equipos eléctricos de alta tensión y de las medidas de seguridad que deben tenerse en cuenta en relación con ellos.

3.9.4.2 Pruebas eléctricas de cables. Los cables enterrados (es decir los que van enterrados directamente sin que pasen por conductos), se deben probar antes y después de rellenar la zanja en que se alojan.

3.9.4.3 Cada circuito serie se debe comprobar para determinar su continuidad, para lo que se utilizará un óhmetro o se puede realizar por otro u otros métodos equivalentes. Después se verificará la resistencia del circuito a tierra con un aparato apropiado de medida para asegurarse de que no hay derivación a ella. En caso de que estas pruebas revelen alguna avería, se procederá a su localización y reparación antes de seguir haciendo pruebas de alta tensión.

3.9.4.4 Cada circuito serie se debe someter a pruebas de aislamiento de alta tensión para determinar si está absolutamente libre de derivaciones a tierra. Cuando sea posible, las pruebas se harán con la tierra totalmente humedecida. La experiencia ha demostrado que hay circuitos que superan las pruebas de resistencia de aislamiento en tiempo seco pero que fallan tras una lluvia intensa. Cada circuito, incluyendo los transformadores, se probará como sigue:

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

- a) se desconectarán los dos hilos de los terminales de salida del regulador, dando apoyo a ambos de tal modo que quede un intervalo de aire de varios centímetros entre los conductores desnudos y tierra. Se tendrá la seguridad de que la envolvente del cable esté limpia y seca a una distancia mínima de 30 cm desde el extremo del cable. Así mismo, se verificarán la limpieza y sequedad del aislamiento expuesto en cada uno de los extremos del cable.
- b) Cada circuito debe comprobarse inmediatamente después de su instalación de acuerdo con el subpárrafo e) y bajo el título “Primera prueba de circuito nuevo”. Asimismo, se probará, siguiendo el citado subpárrafo e) y bajo el título “Pruebas sucesivas y circuitos antiguos”, todo circuito que lleve instalado 6 días o más, aún en el caso de que no haya sido puesto en funcionamiento.
- c) La máxima corriente aceptable de fuga, en microamperios (μA), no debe exceder de los valores indicados en el párrafo 3.9.4.7.
- d) Cuando se hagan adiciones a circuitos antiguos, sólo se probarán las secciones nuevas como se explica bajo el título “Primera prueba de circuitos nuevos”. El circuito completo se debe comprobar a tensiones reducidas como garantía de la fiabilidad de su funcionamiento.
- e) Se conectarán ambos conductores y se aplicará la tensión de prueba indicada a continuación entre esos conductores y tierra durante un período de 5 minutos.

Primera prueba	Pruebas sucesivas de circuitos nuevos	y circuitos antiguos
Sistema completo de iluminación para aproximación (transformadores con hilos del primario a 5 000 voltios)	9 000 V, c.c.	5 000 V, c.c.
Circuitos de iluminación de zona de toma de contacto y eje de pista (transformadores con hilos del primario a (5 000 Voltios)	9 000 V, c.c.	5 000 V, c.c.
Circuitos de iluminación de alta Intensidad de bordes de pista (transformadores con hilos del primario a 5 000 Voltios)	9 000 V, c.c.	5 000 V, c.c.
Circuitos de iluminación intensidad media de pistas y calles de rodaje (transformadores con hilos del primario a 5 000 Voltios)	6 000 V, c.c.	3 000 V, c.c.
Circuitos a sólo 600 Voltios	1 800 V, c.c.	600 V, c.c.

3.9.4.5 Las pruebas que acaban de indicarse debe realizarse con el equipo apropiado de alta tensión cuya tensión de salida de c.c. sea variable y esté bien filtrada. El

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

comprobador de alta tensión debe incorporar un voltímetro y un microamperímetro precisos para leer la tensión aplicada al circuito y la corriente de fuga de aislamiento.

- 3.9.4.6 Estas pruebas deben ser cuidadosamente supervisadas por un personal calificado para que no se apliquen tensiones excesivas.
- 3.9.4.7 Durante el último minuto de las pruebas se medirá la corriente de fuga de aislamiento en μA , para cada circuito completo, la cual no debe exceder del valor calculado para el mismo, como sigue:
- se administrarán 2 μA para cada transformador en serie;
 - se administrará 1 μA por cada 100 m de cable. (Este valor incluye los márgenes que se tienen en cuenta en lo que respecta al número normal de conectores y empalmes); y
 - se anotarán los valores obtenidos para determinar la fuga total permisible en μA para cada circuito completo.
- 3.9.4.8 Si la corriente de fuga excede el valor calculado, debe dividirse en secciones el circuito y repetirse las pruebas en cada sección. Se localizarán y repararán los componentes defectuosos o se le sustituirá hasta que todo el circuito pase la prueba.
- 3.9.4.9 Debe tenerse la seguridad de que la tensión de prueba especificada en el párrafo 3.9.4.4 e) es la realmente aplicada al circuito en el momento de medir la corriente de fuga. Esta tensión se debe ajustar de tal modo que el voltímetro marque el valor deseado antes de hacer la lectura de la corriente de fuga. Si se encuentra alguna dificultad para alcanzar el valor de la tensión deseado, será porque está defectuoso el circuito sometido a prueba o el equipo con el cual se realiza dicha prueba, debiendo procederse a la adecuada corrección antes de seguir con la prueba.
- 3.9.4.10 En los circuitos nuevos, se hará una medida de resistencia inmediatamente después de que el circuito haya pasado las pruebas de alta tensión empleando el equipo que utiliza el personal de mantenimiento del aeródromo. El valor de esta medición se puede usar durante las operaciones de mantenimiento con los datos comparativos con los valores futuros para determinar, en consecuencia las condiciones del circuito. También se deben registrar al realizar las pruebas las condiciones de temperatura ambiente y atmosféricas.

3.9.5 Pruebas eléctricas de otros cables.

- 3.9.5.1 Cables de alimentación para 5 000 V y más. Los cables de alimentación se deben comprobar como se ha indicado empleando los métodos del párrafo 3.9.4.4 con la salvedad de que los clasificados para 5 000 V de comprobarán a 10 000V, y los de más de 5 000 V se probarán al doble de la tensión nominal del cable más 1 000 V. La prueba debe hacerse entre conductores y desde éstos a tierra poniendo a tierra la pantalla y armadura del cable y durante un período no menor de un minuto después de haberse estabilizado la lectura de los instrumentos. La mínima resistencia aceptable es de 50 megohmios. Los valores originales de aislamiento del cable han sido notablemente reducidos hasta 50 megohmios especificados a fin de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

compensar la longitud del cable, el envejecimiento del aislamiento de los conductores y otros factores que pueden afectar los resultados de las pruebas antes de la instalación y durante la misma. A menos que la longitud del cable excediera apreciablemente de los 3 000 m, no se considerará reducción alguna del aislamiento especificado. (Nota: Los valores del aislamiento serán erróneos mientras no se haya cargado completamente con el aparato de medida). Debe hacerse una prueba de continuidad de la pantalla o armadura del cable, para lo cual se puede emplear un instrumento de tipo óhmetro.

3.9.5.2 Cables de alimentación para 600 V y menos. Los cables secundarios de alimentación clasificados para 600 V y menos, y empleados para iluminación y fuerza, deben tener una resistencia no inferior a 50 megohmios entre conductores, así como entre conductores y tierra cuando se le aplique una tensión no menor de 500 V c.c.

3.9.5.3 Cables de control y telefónicos. Una vez instalados, estos cables deben satisfacer los siguientes requisitos:

<u>Tamaño del cable</u>	<u>Núm. Mínimo de conductores aceptables</u>
12 pares como mínimo	Todos
Entre 12 y 25 pares, exclusive	Todos menos un par
Más de 25 pares	Todos, menos dos pares

Los conductores aceptables deben responder satisfactoriamente a pruebas de continuidad, ausencia de cortocircuitos y mínima resistencia de 50 megohmios entre ellos y entre cada conductor y la pantalla puesta a tierra cuando se haga la prueba con una tensión no inferior a 500 V c.c.

3.9.5.4 Cables coaxiales. Los cables de radiofrecuencia se deben probar en cuanto a aislamiento y resistencia en circuito cerrado antes de instalarlos, anotando después los resultados. La prueba de aislamiento debe realizarse entre el conductor central y la pantalla con los instrumentos de 500 V c.c. La resistencia del circuito cerrado debe probarse también de la misma forma pero cortocircuitando los conductores centrales con la pantalla en el extremo lejano del cable. Esta prueba debe hacerse con un óhmetro u otro instrumento apropiado. Después de la instalación, la resistencia entre conductor y pantalla y entre conductor y tierra debe exceder de 50 megohmios al medirla a 500 V c.c. La resistencia en circuito cerrado debe estar dentro del $\pm 10\%$ del valor medido antes de la instalación; por ejemplo, la resistencia medida en 1 000 m de cable de carrete multiplicada por cada 1 000 m y fracción de ellos de cable instalado. También debe medirse la resistencia entre pantalla y tierra y registrarse los resultados.

3.9.5.5 Cable coaxial presurizado. Al terminar la instalación del cable se harán las siguientes pruebas:

- Prueba eléctrica. Para esta prueba debe utilizarse un comprobador de aislamiento de alta tensión con medidor de corriente de fuga en μA y aplicable a 3 000 V c.c. entre los conductores interior y exterior durante 3 minutos como

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

mínimo. Teniendo aplicada esta tensión, no debe circular corriente de la aplicada entre los conectores, una vez estabilizada la corriente de carga.

- b) Prueba con gas nitrógeno. El gas nitrógeno se debe aplicar al cable a la presión especificada, cerrar después la válvula de gas y anotar la temperatura ambiente. Se tomarán y registrarán seis medidas horarias sucesivas de la presión. Después de la 6ª medición, y transcurrido un intervalo de tiempo de 24 horas, se realizará una 7ª medida. Si la variaciones de presión del gas se deben únicamente a los cambios de temperatura ambiente, puede considerarse aceptable el tramo de cable. Se aplicará un factor de corrección de temperatura de 0,0017 por grado C.

3.9.6 Pruebas eléctricas de los reguladores.

3.9.6.1 Se deben comprobar la tensión de alimentación y la toma de entrada del regulador para ver si se corresponden.

3.9.6.2 Teniendo conectada la carga, se activará una vez el regulador y se observará el protector contra apertura de circuito al objeto de ver si se activa el regulador en un tiempo de 2 ó 3 segundos.

- a) Se conectará el circuito de carga después de haberlo comprobado para ver si está abierto o con derivaciones a tierra según se requiere en los párrafos 3.9.4.3 y 3.9.4.4, y se inspeccionará para ver si todos los transformadores están cargados con las lámparas correctas.
- b) Utilizando un voltímetro y un amperímetro cuyo error no exceda de $\pm 1\%$ del valor a fondo de escala, se medirán simultáneamente la tensión de entrada y la corriente de salida (conectando el amperímetro a los terminales de un transformador de aislamiento inserto en el circuito de salida del regulador) y haciendo la operación para cada una de las tomas de ajuste de intensidad.
- c) Se utilizará un voltímetro de registro o se tomarán lecturas de día y de noche a intervalos suficientes para hallar una tensión media de alimentación.
- d) Si el regulador tiene tomas de tensión de entrada, se seleccionará la que más se aproxime a la tensión media de alimentación. La corriente de salida correspondiente a cada toma de ajuste de intensidad debe estar dentro del $\pm 2\%$ de los valores de la placa de características, una vez hecha la corrección necesaria de la tensión de alimentación.

3.9.6.3 En todos los reguladores de corriente con toma de tensión de entrada, la corriente de salida variará proporcionalmente a los cambios de esa tensión de entrada. Si se aplica una tensión de alimentación de 2 350 V a toma de 2 400 V, los valores de corriente de salida serán un 2% inferiores a los indicados en la placa de características.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 3.9.6.4 Los reguladores con corrección automática de la tensión de alimentación, en lugar de tomas de entrada, no cambian la corriente de salida al variar la tensión de alimentación.
- a) Si la corriente de salida a plena intensidad se desvía del valor de las placa de características en más de un 2% (no estando sobrecargado el regulador), se comprobará el ajuste interior como se describe en la placa de instrucciones del regulador. Como este ajuste puede ser delicado, se recomienda conceder un margen de desviación de $\pm 5\%$ en las posiciones de ajustes inferiores antes de intentar reajustar el regulador.
 - b) Además, se hará una comprobación para ver si se ha cambiado deliberadamente el ajusta al objeto de satisfacer un requisito local poco frecuente de operaciones de vuelo.
- 3.9.7 Pruebas para la determinación de averías.
- 3.9.7.1 Las pruebas que se indican a continuación contribuirán a localizar la avería en caso de que las que se hicieron anteriormente evidencien un funcionamiento incorrecto.
- 3.9.7.2 Se desconectará la carga, se cortocircuitarán los terminales de salida del regulador por medio de un amperímetro y se medirá la corriente de salida. Si los valores medidos son iguales a los de la placa de características, o ligeramente mayores, el regulador funciona satisfactoriamente y debe verificarse el circuito de carga para ver si tiene averías.
- 3.9.7.3 Se conectarán los cables de carga (después de verificar el circuito de carga para ver si está abierto o derivado como se especifica en los párrafos 3.9.4.3 y 3.9.4.4 y de haber hecho la correspondiente inspección para asegurarse de que los transformadores están debidamente cargados con sus lámparas), y se medirán la corriente y la tensión de salida simultáneamente teniendo trabajando el regulador en la posición de ajuste correspondiente a la máxima intensidad. El significado de las lecturas es como sigue:
- a) Se entenderá que el funcionamiento es satisfactorio si es correcta la corriente de salida y la tensión de salida es ligeramente superior a la estimada para la carga sin exceder el valor nominal. Se estimará la tensión requerida para la carga multiplicando la tensión del primario del transformador de aislamiento con carga nominal (wattios dividido por la corriente del primario) por el número de transformadores conectados en serie en el circuito de carga.
 - b) Una corriente correcta de salida y una tensión de salida notablemente inferior a la carga estimada indican un corto completo o parcial de la carga.
 - c) Una corriente correcta de salida y una tensión de salida que exceda de la nominal con carga indica una sobrecarga.
 - d) Una corriente reducida de salida y una tensión de salida que indique sobrecarga se debe, posiblemente, a una mala conexión en el circuito de carga. En este caso, se debe desactivar inmediatamente el regulador para evitar otros daños.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- e) Una corriente reducida de salida y una tensión de salida que no exceda de la nominal indica un regulador defectuoso o una muy baja tensión de alimentación.
- f) La ausencia de corriente de salida y una excesiva tensión de salida indican que el circuito de carga está abierto y que se encuentra averiado en protector contra apertura del circuito en el regulador. En este caso, hay que desactivar también el regulador para evitar daños graves.
- g) Precaución. Durante esta prueba no se debe desactivar ni derivar el protector contra circuitos abiertos del regulador.

3.9.8 Prueba eléctrica de otros equipos.

- 3.9.8.1 Se medirán las tensiones y corriente de entrada y salida y se determinarán las cargas de los circuitos conectados. Se procederá a la verificación apropiada para saber si estas tensiones y cargas están dentro de los valores nominales dado por el fabricante para el equipo. Estas medidas serán registradas para disponer de ellas como futura referencia durante en mantenimiento o modificación del circuito.

3.9.9 Pruebas de monitores.

- 3.9.9.1 Terminadas las pruebas antes mencionadas y sabiendo que el sistema funciona como ha sido diseñado, se comprobarán los monitores simultaneando averías tales como circuitos abiertos, cortocircuitos, derivaciones a tierra, fallas de luces, pérdida de potencia de los circuitos de iluminación y control, y observando al mismo tiempo el comportamiento del monitor. Los que no actúen como está previsto, deben estar preparados antes de aceptar en sistema.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

CAPITULO IV

SISTEMAS ELECTRICOS ENTERRADOS

4.1 REQUISITOS GENERALES.

4.1.1 Consideraciones generales.

4.1.1.1 La Instalación de cables eléctricos bajo tierra es costosa y deben utilizarse técnicas que permitan obtener de ellos un servicio duradero y efectivo con un mínimo de mantenimiento. Todos estos trabajos deben utilizarlos personas experimentadas que se dediquen regularmente a ellos. La mayoría de los cables enterrados están situados en la zona de maniobra del aeródromo o muy próximos a ella. Consecuentemente, cuando los aeródromos sean de gran actividad, hay que tener cuidado para que la instalación no ofrezca riesgo para la aviación o los instaladores.

4.1.2 Disposiciones previas a la construcción.

4.1.2.1 Se obtendrá la aprobación previa del ingeniero encargado de los materiales, trabajadores, hará del día o de la noche para la realización de los trabajos, métodos y procedimientos de instalación y formas de llevar a cabo cualquier reparación temporal o permanente. Se harán los acuerdos necesarios para coordinar estos trabajos con las actividades del Control de Tráfico Aéreo si éste pudiera estar implicado en ello. Se determinarán y marcarán con todo cuidado la ruta de los cables. Asimismo, se tomarán todas las precauciones razonables para proteger las instalaciones existentes de servicio público que estén enterradas, como pueden ser los depósitos de combustible, conductoras de agua, cables bajo tierra de control y alimentación, etc. Antes de comenzar cualquier trabajo en la vecindad inmediata, se marcarán en el campo todos los cables conocidos de servicio y de alimentación y control que vayan a una instalación funcional o salgan de ella. A partir de esta acción, y a lo largo de todo el tiempo de construcción se le protegerá contra cualquier posible daño. Todo cable enterrado que se dañe durante la instalación debe ser reparado inmediatamente empleando para ello materiales de la misma calidad.

4.1.3 Método de instalación.

4.1.3.1 Hay dos métodos de instalación de cables eléctricos bajo tierra; instalándolos directamente o llevándolo por canalización (conducto). Ambos se tratan a continuación:

4.2 ENTERRAMIENTO DIRECTO DEL CABLE.

4.2.1 Fase de la instalación.

4.2.1.1 Las fases principales para la instalación de cables eléctricos que han de ser enterrados directamente son los de apertura de zanjas, colocación del cable y relleno de la zanja.

4.2.2 Apertura de zanjas.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 4.2.2.1 Requisitos básicos. A menos que se requiera de otro modo, se deben instalar en la misma zanja todos los cables que se hallen en igual lugar y que corran siguiendo la misma dirección general. Las paredes de las zanjas deben ser prácticamente verticales para perturbar al mínimo la superficie con el reborde que se forma. La superficie del borde de la zona debe ser esencialmente lisa y no tener áridos gruesos. Si es posible, las zanjas se abrirán únicamente en el momento en que haya que instalar los cables y se cerrarán el mismo día en que se ha hecho el trabajo. Cuando el terreno tenga césped, se debe sacar cuidadosamente la capa para colocarla de nuevo después de terminado el trabajo.
- 4.2.2.2 Profundidad de las zanjas. La profundidad de la zanja no debe ser inferior a 5 cm por debajo del nivel del cable que esté a mayor profundidad. Los cables deben estar a un mínimo de 50 cm bajo el gradiente terminado cuando el terreno pertenezca al aeródromo, y a 75 cm por debajo de ese gradiente si el terreno está fuera del aeródromo. Si van a colocar cables a más de un nivel, la separación vertical entre ellos debe ser la misma que la horizontal indicada en el párrafo 4.2.3, con excepción de que la separación vertical entre cables de control y telefónicos y los de alimentación a baja tensión no deben ser menor de 6 cm. El hilo de toma de tierra debe estar, como mínimo, a 15 cm por encima de la capa de cables más elevada. Las profundidades de la zanja deben ser las suficientes para permitir esta separación vertical.
- 4.2.2.3 Zanja de tráfico intenso. Los cables no se deben enterrar directamente bajo zonas pavimentadas, carreteras, vías de ferrocarril o zanjas. En las zonas anteriormente dichas se canalizarán con hormigón armado o se colocarán tuberías de acero rígido para soterrar los cables.
- 4.2.2.4 Lugares en los que pueda haber roca. Cuando se encuentre roca al realizar las excavaciones, debe extraerse o destruirse ésta hasta una profundidad mínima de 8 cm por debajo de la que requiere el cable y sustituirla por la tierra de asiento o por arena que no contenga áridos minerales que sean mayor de 6 mm de diámetro. Cuando se encuentre roca sólida, se considerarán estos procedimientos, como el de la modificación de las rutas de la zanja o la instalación de los cables en conducciones de acero rígido.
- 4.2.2.5 Anchura de la zanja. El ancho de la zanja para un cable único no debe ser menor de 15 cm. Si se requiere introducir en ella más de un cable, debe ajustarse ese ancho para poder mantener las separaciones entre ellos que se dan a continuación.
- 4.2.6 Separación entre cables.
- a) los cables de alimentación, del mismo circuito, pueden colocarse en contigüidad dentro de la zanja sin separarlos, con las excepciones que se indican más adelante. Los cables de iluminación en serie se pueden considerar como del mismo circuito.
 - b) Los cables de alimentación de circuitos iguales o diferentes a menos de 600 V pueden tenderse en la misma zanja sin separación horizontal entre ellos.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- c) Los cables de alimentación de distintos circuitos cuyas tensiones sean de 600 a 5 000 V deben estar separados como mínimo a 10 cm.
- d) Todos los cables de alimentación. De 5 000 V ó menos, deben separarse con respecto a cables de control, telefónicos y coaxiales a un mínimo de 15 cm.
- e) Los cables de alimentación de más de 5 000 V deben separarse de todos los demás a una distancia mínima de 30 cm.
- f) Los cables de control, telefónicos y coaxiales, se pueden colocar en la zanja sin que medie distancia entre ellos.
- g) Las separaciones verticales deben ser similares a las indicadas en a) a f) anteriores teniendo en cuenta, sin embargo, que los cables que no requieren separación horizontal deben estar distanciados verticalmente a 6 ó más cm. No debe solaparse ningún cable sobre otro porque al hacer la comprobación se pueden dañar.
- h) Los hilos de toma de tierra deben estar aproximadamente a 15 cm por encima del nivel más elevado de los cables.

4.2.4 Instalación de cables directamente enterrados.

4.2.4.1 Relleno inicial. Antes de colocar cualquier cable, se rellenará y compactará con una capa de 5 cm de tierra o arena que no contenga partículas de áridos de más de 6 cm de diámetro.

4.2.4.2 Colocación de los cables. Siempre que sea posible, el cable debe ser continuo, son empalmes entre los puntos de conexión que une. Se emplearán las mayores longitudes de cables para evitar al mínimo las necesidades de empalmes. Cuando haya que cortar el cable, se sellarán de forma efectiva los extremos para evitar que entre humedad, inmediatamente después del corte. Las curvas del cable no deben tener un radio menor de 8 veces el diámetro del mismo si ese cable está revestido de caucho o plástico, y 12 veces el diámetro en caso de cables con armadura metálica. No se instalarán cables que se hayan retorcido. En el carrete se colocará un hombre para ver como va saliendo el cable e informar de cualquier irregularidad que se produzca. El cable que haya de enterrarse debe desenrollarse desde su lugar en la zanja abierta o en las proximidades de ella, colocándolo con sumo cuidado en el fondo de esa zanja. No se permitirá tirar del cable para introducirlo en la zanja arrastrándolo en el terreno.

4.2.4.3 Bucles de holgura del cable. Cada extremo de un tramo de cable dejará un bucle de holgura, y en todos los puntos en que haya conexiones del cable se sacarán esos bucles por encima del terreno. El referido bucle se instalará a la misma profundidad mínima a la que corra el cable. Las curvaturas de los bucles deben tener un radio no inferior a 12 veces el diámetro exterior del cable. Cuando se saque el cable por encima del terreno, se dejará sobre éste un huelgo adicional. En todos los empalmes del cable habrá bucles de holgura sin codos situados en el punto de empalme o a 30 cm del extremo del mismo.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

4.2.4.4 Relleno final. Una vez instalado el cable, se rellenará la zanja como sigue:

- a) El relleno de separación de cables debe ser firmemente apisonado. Se mantendrán las separaciones entre cables dada en 4.2.3, separaciones que pueden ser horizontales, verticales o una combinación de ambas.
- b) La primera capa de relleno no tendrá una profundidad menor de 7,5 cm, midiendo el material suelto, el cual debe ser tierra o arena sin áridos de más de 6 mm de diámetro. Esta capa no se debe compactar excepto por lo que respecta al apisonado necesario para mantener la separación entre cables.
- c) La segunda capa no debe tener una profundidad no menor de 12 cm, midiendo el material suelto, ni contener partículas de más de 25 mm de diámetro.
- d) El resto del material de relleno puede ser procedente de una excavación o traído de otro lugar y no debe contener piedras ni áridos de más de 100 mm de diámetro. Las capas terceras y siguientes de relleno no tendrán un espesor mayor de 20 cm, midiendo el material suelto. La segunda capa y las sucesivas se apisonarán perfectamente y se compactarán hasta que su densidad sea la misma a la del suelo contiguo no perturbado. Si fuera necesario para conseguir la compactación deseada, el material de relleno se humedecerá o aireará con lo que haga falta. Las zanjas no deben estar excesivamente humedecidas no contener charcos de agua durante las operaciones de relleno. La zanja se rellenará totalmente y se apisonará hasta dejarla nivelada con la superficie contigua.
- e) Cuando haya que cubrir la zanja con una alfombra de hierba, se interrumpirá el relleno hasta llegar al espesor de la alfombra que se vaya a colocar, eliminando todo exceso de material excavado.
- f) Cuando se haya quitado la alfombra de hierba, debe colocarse lo antes posible después de haber terminado el relleno. Se restablecerán hasta su posición original todas las partes perturbadas por las operaciones de apertura de zanjas, acumulación de tierras, tendido de cables, construcción de apoyos y otras obras. La restauración correspondiente incluirá la necesaria aplicación de la superficie original, fertilización, abono, siembra, tapizado, plantación de hierba o aplicación de estiércol y paja. Si se hiciesen cortes en zonas pavimentadas, estos cortes después de rellenados adecuadamente, se repararán pavimentándolos de una forma análoga al pavimento original. Los cortes reparados se deben nivelar con el pavimento original que no queden grietas y dejándolos capaces de resistir las cargas de tráfico impuestas sin que hagan asiento ni se agrieten.

4.3 INSTALACIONES DE CANALIZACIONNES (CONDUCTOS).

4.3.1 Técnicas y procedimientos de instalación.

4.3.1.1 Selección de las rutas. Las rutas que siguen los conductos deben seleccionarse equilibrando la máxima flexibilidad con un costo mínimo y evitando las cimentaciones de futuros edificios y otras estructuras. Cuando sea necesario tender líneas de comunicación a lo largo de las líneas de distribución eléctricas, se

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

preverán dos sistemas aislados en cajas de registros independientes. Siempre que sea posible, se instalarán los conductos y de comunicaciones deberán mantenerse distanciados de cualquier otro sistema de servicio público enterrado, especialmente de las tuberías de agua o vapor de alta temperatura.

- 4.3.1.2 Material de construcción de los conductores. Los materiales estándar de construcción de los conductores son las fibras, el asbesto- cemento, las losetas y el plástico. También se pueden instalar conductores de acero rígido bajo el gradiente, aplicando “in situ” o en fábrica los revestimientos que se precisan.
- 4.3.1.3 Dimensiones de los conductores. Las dimensiones de los conductores en un grupo de ellos no debe ser inferior a 10 cm de diámetro interior excepto por lo que se refiere a los de las líneas de comunicaciones, para los cuales es aceptable un diámetro mínimo de 7,5 cm.
- 4.3.1.4 Instalación de conductos no sumergidos (embebidos) en hormigón. Las zanjas para líneas que van por un solo conducto no deben ser inferiores a 15 cm ni superiores a 30 cm de ancho, y las destinadas a dos o más conductos instalados al mismo nivel serán proporcionalmente más anchas. Las superficies del fondo de las zanjas que se alojan los conductos no sumergidos o embebidos en hormigón deben adaptarse con toda precisión al gradiente para dar un apoyo uniforme a todo el conducto en toda su longitud. Se colocará en el fondo de la zanja como asiento del conducto una capa de tierra fina de un espesor mínimo de 10 cm (midiendo el material suelto). El material de apoyo en el fondo debe consistir en tierra blanda, arena u otro relleno fino y no contener partículas de más de 6 mm de diámetro. Este material se apisonará hasta que quede firme. Cuando se instalen dos o más conductos en la misma zanja sin estar sumergidos en hormigón, se esparcirán en no menos de 5 mm (medidos entre los exteriores de las paredes) en dirección horizontal, ni menos de 15 cm en dirección vertical. Los conductos de acero rígido y de paredes gruesas pueden enterrarse directamente, pero todos los demás deben estar sumergidos.
- 4.3.1.5 Instalación de conductos sumergidos (embebidos) en hormigón. Todos los conductos que se instalen sumergidos en hormigón deben colocarse sobre una capa de éste de no menos de 7,5 cm de espesor. Cuando se sumergen en hormigón dos o más conductos, deben espaciarse en no menos de 5 cm (medidos entre los exteriores de las paredes). Al ir progresando el tendido del conducto, se colocará hormigón en un espesor no inferior a 7,5 cm alrededor de los lados y en la parte superior del grupo de conductos. Los extremos abocardados de los conductores o acoplamientos se colocarán a ras del hormigón en el que se sumergen o dentro de las paredes de la caja de registro o agujeros de inspección. Deben usarse espaciadores de enclavamiento separados a no más de 1,5 m entre conductores. Las uniones de conductores adyacentes deben alternarse en un mínimo de 60 cm de separación y hacerse estancas al agua antes de hormigonar. No se instalarán ningún conducto que tenga una junta defectuosa. Los conductores embebidos en hormigón o los de acero rígido se instalarán de tal forma que la parte superior de la envolvente de hormigón o del conducto quede a menos de 40 cm por debajo de la parte inferior del pavimento cuando se instale bajo carreteras, ferrocarriles, pistas de aterrizajes, calles de rodaje u otras zonas pavimentadas, y zanjas, y a no menos de 40 cm por debajo del gradiente final en cualquier otro caso.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 4.3.1.6 Piquetes de toma de tierra. cuando los conductores de acero rígido entren en una caja de registro o agujero de inspección, o salgan de él, se proveerá a todos ellos de un casquillo de toma de tierra.
- 4.3.1.7 Configuración de grupos de conductores. Para una mejor disipación del calor, la configuración debe ser para dos conductos en ancho o en altura. En correspondencia con ello, el grupo de conductos puede estar formado por varios de ellos en altura o anchura. (esto puede ser imposible cuando el número de conductos sea grande). La configuración vertical de los conductos en anchura puede suspender más fácilmente los cables en la caja de registro, pero puede ser tan económica como la horizontal de los conductos. En altura. Para las dimensiones y configuraciones de los grupos de conductos, véase la figura 4- 1.
- 4.3.1.8 Drenaje. Todos los conductos deben tenerse inclinados hacia las cajas de registro, agujeros de inspección o extremos de esos conductos en beneficio del drenaje. Los gradientes deben ser como mínimo de 2,5 mm por m. Cuando no sea practicable mantener la pendiente permanentemente en un sentido, los productos deben inclinarse desde el centro en ambos sentidos hacia las cajas de registro, orificios de inspección o extremos de esos conductos. Deben evitarse bolsa o trampas en las que pueda acumularse humedad.
- 4.3.1.9 Cable de tracción. Cada conducto libre que se instale debe tener un cable de acero cobreado par tracción, cuya sección transversal no sea inferior a 5 mm². Los extremos abiertos de los conductores libres deben cerrarse con tapones ahusados separables, tapones a los que se les fijará firmemente el cable de tracción.
- 4.3.1.10 Capacidad de reserva. Se incluirán en todos los nuevos sistemas soterrados los suficientes conductos para las instalaciones previstas y la ampliación futura, a los que se añadirá un mínimo de un 25% de conductos libres.

4.4 CAJAS DE REGISTRO Y AGUJEROS DE INSPECCIÓN.

4.4.1 Selección.

- 4.4.1.1 Los factores que contribuyen a la elección de las cajas de registro y agujeros de inspección son el número, la dirección y la situación de los tramos de los conductores, las configuraciones de los soportes de los cables, el método de drenaje, la disponibilidad de espacio de trabajo (especialmente si el equipo se va a instalar en la caja de registro), y el tramo de la apertura requerida par instalar y sacar los equipos.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

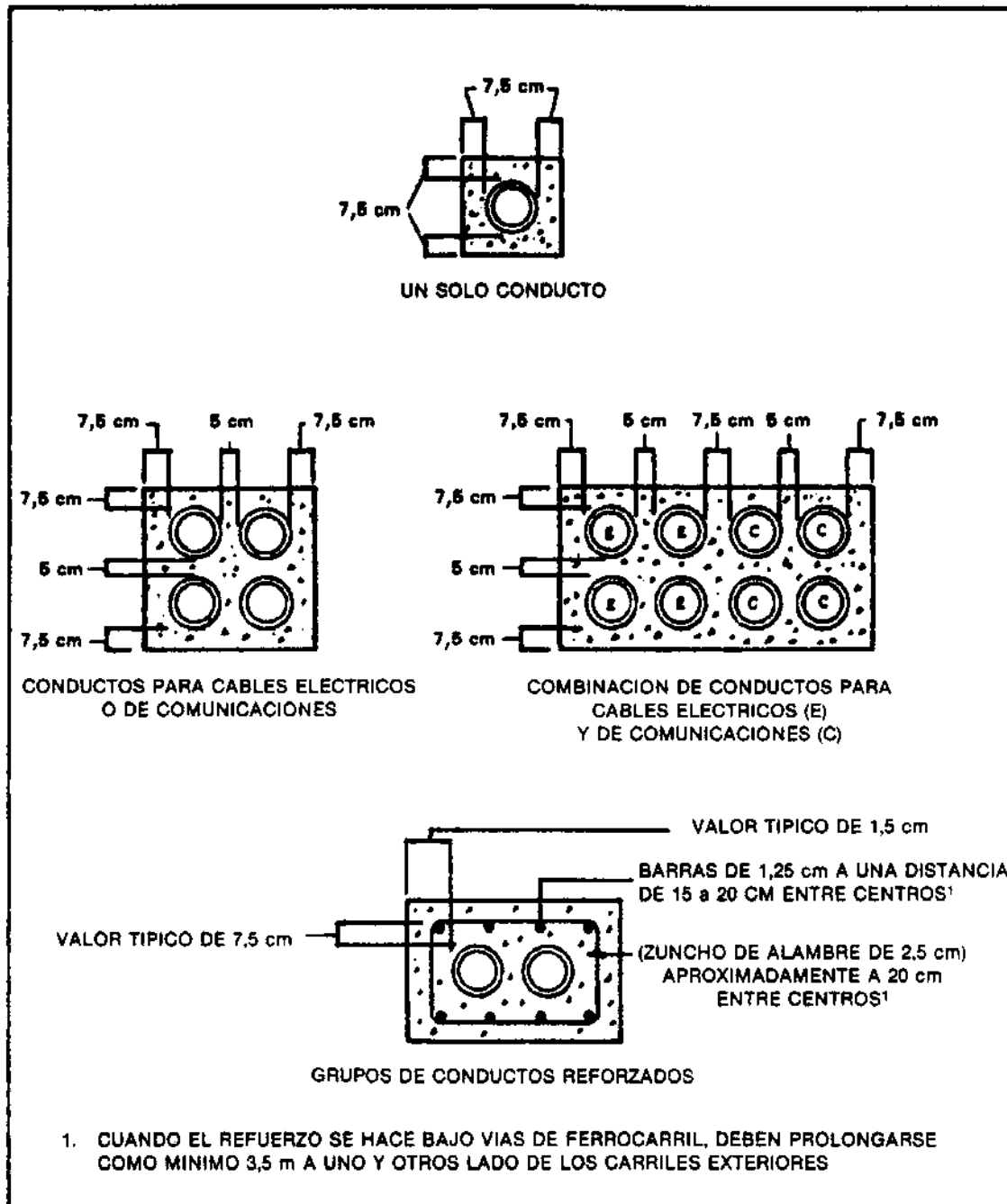


Figura 4-1 Secciones de los conductos

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

4.4.2 Situación.

4.4.2.1 Las cajas de registro o agujeros de inspección deben situarse donde sean necesario para las conexiones de los empalmes y donde se interfieran con otros sistemas de servicio. La separación de los agujeros de registro no deben exceder de 200 m en los tramos rectos ni de 100 m en los tramos curvos de los conductos. El espaciado debe reducirse cuando sea necesario para evitar daños de la instalación al tirar de los cables. Durante ña instalación se debe limitar el esfuerzo de tracción para no dañar el aislamiento del cable o deformar este último (véase la tabla 4- 1).

4.4.3 Terminales.

4.4.3.1 Es una buena práctica que haya un juego dos más de terminales de reserva (tramos cortos de conductos que salen de la caja de registro) a fin de que no haya que perturbar la pared de dicha caja cuando se proceda a una futura ampliación. Los ramales terminales deben taparse por ambos extremos.

4.4.4 Elementos metálicos.

4.4.4.1 Deben recogerse los elementos metálicos aplicables a la instalación. Cuando los extremos de los conductos estén abocardados, sólo serán necesarios los blindajes de los conductos de los cables para la protección de los cables con envolvente metálica.

4.4.5 Cajas de registro de dos secciones.

4.4.5.1 Se deben utilizar cajas de registro de dos secciones para mantener la separación de los circuitos cuando se instalen líneas de alimentación eléctrica y de comunicaciones en el mismo grupo de conductores o se unen en la misma caja de registro.

4.5 INSTALACIÓNM DE CABLES SOTERRADOS.

4.5.1 Preparación de los conductos.

4.5.1.1 Terminada la instalación del conducto, se colocarán los cables tirando de ellos para introducirlo en los conductos. El conducto debe estar abierto, ser continuo y libre de todo resto que pudiera haber en su interior antes de instalar el cable. Este último se colocará de forma que se evite daño alguno estirando el conductor, perjudicando el aislamiento o dañando la envolvente protectora exterior. Se deben sellar los extremos de todos los cables con cintas antihumedad antes de la instalación y deben mantenerse sellados de esta forma hasta que se proceda a hacer las conexiones. Cuando se vaya a instalar más de un cable en una canalización o conducto, se colocará al mismo tiempo todo el cable. En ningún caso se hará un empalme o conexión dentro de una canalización o conducto.

4.5.2 Tracción de los cables en los conductos.

4.5.2.1 Método de tracción. El cable se instalará en el conducto tirando de él con un aditamento mecánico o a mano. Debe usarse una adecuada cantidad de compuestos de tracción de cable cuando hagan estas operaciones y no emplearse

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

nunca grasas de petróleo. La superficie de cualquier funda o camisa no debe dañarse en una profundidad superior a 1/10 de su superficie original. Los cables no deben aplastarse ni ovalarse en más de 1/10 de su diámetro original. La tracción máxima de los cables que se instalan comúnmente se relaciona en la Tabla 4- 1. Las limitaciones que se dan en esta tabla no tienen el propósito de excluir en uso de cables de acero como medios de tracción. Sin embargo, a menos que se disponga de un diámetro que indique la correcta tensión que se aplica al cable al tirar de él, debe emplearse un aparato adecuado que limite la tensión de la tracción a las fuerzas indicadas en la Tabla 4- 1. Cualquier combinación de grupo de cables de los que haya que tirar para introducirlos en un conducto no debe exceder den la suma de las tensiones individuales permisibles de cada cable más de un 15%.

4.5.2.2 Longitud de los cables de tracción. Para reducir al máximo los empalmes, se deben introducir en los conductos de una vez la máxima longitud posible de cable. Mientras no se indique de otro modo, las cajas de registros y los agujeros de inspección deben estar tan separados como sea posible para el tipo de cable que se instale, pero en ningún caso esa distancia entre cajas de registros y agujeros de inspección debe exceder los 200 m.

4.5.2.3 Instalación de varios cables en un conducto. Las instrucciones que siguen se aplican en la instalación de dos o más cables dentro de un mismo conducto:

- a) se pueden instalar en el mismo conducto cables de alimentación de la misma tensión.
- b) Se pueden instalar en el mismo conducto cables de alimentación de menos de 600 V.
- c) No se deben instalar en el mismo conducto cables de alimentación de menos de 600 V junto con otros de control, telefónicos o coaxiales.
- d) No se deben instalar en el mismo conducto cables de alimentación de más de 600 V junto con otros de control, telefónicos o coaxiales de menos de 600 V.
- e) Se pueden instalar en el mismo conducto cables de control, telefónicos y coaxiales.
- f) Se pueden instalar en el mismo sistema de conducto cables de alimentación, control y telefónicos, con sujeción a las provisiones de los subpárrafos g) y h).
- g) Instalación de cables en cajas de registro o en agujeros de inspección. Los cables de alimentación y control se deben instalar en cajas de registro y agujeros de inspección independientes a menos que se requiera de otro modo. Si se dispone de espacio, se dejará en cada caja de registro la suficiente holgura del cable para hacer un empalme en cada uno de esos cables.
- h) Separación de cables en cajas de registro y agujeros de inspección. Cuando no sea posible instalar cables de alimentación y de otro tipo en cajas de registro o agujeros de inspección independientes, se colocarán en compartimentos separados o en los lados opuestos de esa caja de registro o agujeros de inspección.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

4.5.3 Instalación de cables en cajas de registro y agujeros de inspección.

4.5.3.1 Ganchos para los cables. Los cables se conformarán con cuidado alrededor del interior de la caja de registro o agujero de inspección evitando codos bruscos cocas. Todos los empalmes deben unirse a los ganchos usando cuerdas de nylon de 3,2 mm de diámetro. Los ganchos de las cajas de registro o agujeros de inspección deben ser de plástico o tener aisladores de porcelana. Los empalmes o conectores deben estar a un mínimo de 0,6 cm de la boca del conducto en la caja de registro o agujero de inspección. Cuando sea posible, se alternarán los empalmes de cables diferentes.

4.5.3.2 Terminaciones de los cables. Las terminaciones de todos los cables de control, telefónicos y coaxiales serán las requeridas. Las terminaciones de todos los cables de alimentación eléctrica que trabajan a más de 5 000 V se harán con un dispositivo de descarga de fatiga. Cuando se utilicen cabezas terminales de cables, se requerirán estrictamente las recomendaciones del fabricante. Cuando se hagan terminaciones en los casquillos de los transformadores, se encintarán las superficies conductoras expuestas a los lados de alta y baja tensión contra la máxima tensión y se protegerán con un recubrimiento de elevado aislamiento y resistencia al agua.

4.5.3.3 Toma de tierra de los cables. Las siguientes condiciones se aplican a la toma de tierra de los cables:

- a) Todos los cables de alimentación apantallados deben tener puesta a tierra la pantalla por cada uno de los extremos. El conductor de toma de tierra debe conectarse a un piquete de tierra por medio de un conector específicamente diseñado a este fin. Las pantallas o armaduras de los cables de alimentación directamente soterrados deben ponerse a tierra por cada extremo, pero no en los empalmes.
- b) Todos los cables de control apantallados deben tener a tierra la pantalla por cada extremo. La pantalla de los empalmes tendrán una resistencia de aislamiento a tierra igual a la del cable original.
- c) En los cables telefónicos, la pantalla se pondrá a tierra únicamente por un extremo. En cada empalme, la pantalla tendrá una resistencia de aislamiento a tierra igual a la del cable original.
- d) Las pantallas de los cables coaxiales deben aislarse de tierra en toda la longitud del tramo de cable. Estas pantallas sólo se pondrán a tierra en el conector coaxial que termina en el equipo por cada extremo del tramo de cable.

4.5.4 Cables coaxiales presurizados.

4.5.4.1 Precauciones. Durante la instalación de cables coaxiales rellenos de gas deben tomarse precauciones especiales. Estos cables deben suministrar e instalar de una sola pieza y sometidos a presión de gas nitrógeno, manteniendo firmemente en su sitio los cables y los cierres en todo momento durante el manejo, envío e instalación de dicho cable. En ningún caso se cortará o empalmará un cable de este tipo. Como el referido cable se va soltando de un carrete se deberá disponer de un aparato

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

suplementario para irlo enderezando. Se debe evitar la formación de cocas en cualquier parte del cable durante su instalación.

- 4.5.4.2 Comprobación previa a la instalación. Para determinar si se ha dañado o perforado el cable, se comprobará si sigue manteniéndose la presión del gas nitrógeno con que fue expedido el cable. Si la indicación de presión del gas se ha reducido y la pérdida no se debe a un cambio de temperatura, debe realizarse la prueba con el gas nitrógeno.
- 4.5.4.3 Cables “styroflex” y “helix”. Los cables coaxiales “styroflex” de 45 mm de diámetro no deben estar sujetos a un radio de curvatura inferior a un metro durante la instalación, ni menor de 0,6 m cuando se fijen en su posición. El valor máximo de tracción permisible para este tipo de cable es de 800 Kg. El cable coaxial “helix” no debe estar sujeto a un radio de curvatura menor de 0,75 m durante su instalación ni inferior a 0,5 m cuando se fije en su lugar. La fuerza máxima de tracción permisible para este tipo de cable es de 380 Kg.
- 4.5.4.4 No deben usarse bucles de holgura para los cables coaxiales presurizados. El extremo del cable debe pasar por la abertura del edificio desde el carrete situado fuera del mismo. El cable entre la entrada de la estructura y el extremo del mismo debe continuar por el interior del edificio siguiendo prácticamente el mismo plano horizontal. Los codos no serán inferiores a los valores mínimos antes prescritos. Se dará apoyo temporal al extremo del cable para que no caiga o quede colgando hasta que se haga la conexión final al aparato electrónico correspondiente.
- 4.5.5 Instalación de cables en rozas de sierra. Ver página 5- 73 y 5- 74 del Manual de Proyecto de Aeródromos Parte 5 “Sistemas Eléctricos”.
- 4.5.6 Marcas de los cables.
- 4.5.6.1 Se marcarán todos los cables y las rutas que siguen para identificarlos fácilmente en el futuro.
- 4.5.6.2 Marbetes de los cables. Todos los cables llevarán marbetes en cada caja de registro o agujero de inspección, de los que habrá no menos de dos por cable, uno cerca de cada orificio de entrada al conducto. Los marbetes deben fijarse al cable inmediatamente después de la instalación de éste. Las terminaciones de los cables y las cabezas de los mismos deben tener marbetes en los que se identifiquen la función, instalación a la que sirven y otros datos pertinentes. Los citados marbetes deben ser del tamaño y espesor adecuados y, preferiblemente, de cobre. Se fijarán firmemente al cable por medio de cuerda de nylon. Las marcas de los marbetes consistirán en una abreviatura del nombre de la instalación o instalaciones atendidas por el cable, una letra que indique el tipo de servicio (alimentación, telefónico, control y radiofrecuencia (coax) que pueda dar el cable. Cuando se use cable telefónico en funciones de control, se marcarán simplemente como cable de control, y no como telefónico. Cuando se empleen dos o más cables idénticos para atender una misma instalación, se podrán agrupar con el mismo marbete.
- 4.5.6.3 Marcas de rutas de cables. Las rutas de los cables directamente soterrados deben ir marcados cada 60 m a lo largo del tramo del cable, en cada cambio de dirección del mismo y en cada punto de empalme de dicho cable con una marca de losa de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

hormigón del tamaño y espesor adecuado. Estas marcas deben colocarse después del relleno final de la zanja del cable. Las marcas se instalarán en posición plana en tierra y la parte superior de las mismas deben quedar aproximadamente a 2,5 cm por encima del gradiente determinado. Después de que la marca de hormigón haya fraguado, lo que tiene lugar tras un tiempo mínimo de 24 horas, se pintará la superficie de color naranja brillante con una pintura apropiada para hormigón exterior no curado. Cada marca de cable debe llevar la siguiente información impresa en su superficie:

- a) La palabra “CABLE” o “EMPALME”. La letra que designa el tipo de cable empalmado debe preceder la palabra “EMPALME”;
- b) El nombre de la instalación atendida;
- c) El tipo de cable instalado debe marcarse con la palabra “ALIMENTACION”, “CONTROL”, “TELEFONICO” o “COAXIAL”, o con las abreviaturas apropiadas para estos términos. En la marca debe figurar la designación de todos los tipos de cables instalados;
- d) Flechas que indiquen la dirección o cambio de dirección del tramo de cable;
- e) Las letras que deben ser menores de 10 cm de altura, 7 cm de ancho y 1 cm de profundidad;
- f) Los cables instalados en canalización o conductos deben tener sus marcas cada 60 m y en cada cambio de dirección del cable, pero no se colocarán marcas en superficie de hormigón o asfalto; y
- g) Se identificarán las cajas de registro o agujeros de inspección según su finalidad.

4.5.7 Cajas de conexión.

4.5.7.1 Instalación de las cajas. La mayoría de las conexiones de los cables a los transformadores de aislamiento se hacen en las cajas de estos últimos, en las bases de los aparatos de luz que están bajo la superficie en el borde de las pistas o calles de rodaje pavimentadas, o en el propio pavimento. Lo preferible es que estas cajas se instalen en los lugares designados y sobre una base de hormigón vertido en que se embeba la caja en no menos de 10 a 15 cm de hormigón alrededor del fondo y de los lados. Los conductos metálicos conectados a la entrada del contenedor de admisión de los cables del circuito deben extenderse a través de las paredes de hormigón. Estos conductos deben tener abrazaderas para la conexión de los hilos de tierra o de los sistemas de tierra superficial. La parte superior de la caja debe quedar a nivel o a la profundidad adecuada por debajo de la superficie del hormigón para el montaje del dispositivo de luz o de la placa de cierre. Debe usarse un método de fijación para mantener el nivel, la alineación y profundidad correcta de la parte superior de la caja durante la instalación y fraguado del hormigón. Los extremos de los cables se introducirán por tracción en el interior de la caja y el extremo del conducto exterior en la base de hormigón se sellará alrededor del cable con un compuesto apropiado que impida la entrada de agua. Las luces elevadas, semiempotradas o tapas de cierres montadas en estas cajas deben incluir una junta o cualquier otro medio de cierre que impida la entrada de agua en la caja.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- 4.5.7.2 Instalación en el pavimento existente. Si se han de instalar luces en los pavimentos existentes, puede no ser práctica de colocación de las cajas de transformadores en base de hormigón. Normalmente, la caja del transformador se coloca en el borde del pavimento y se instalan los cables secundarios que van a la luz en rozas de sierra. Se puede montar una caja de transformador, caja de empalmes o aparatos de luz en el lugar correspondiente a la luz haciendo las conexiones a ella por medio de un orificio del tamaño y profundidad adecuado que se practica en el pavimento. El aparato de luz se puede instalar en una caja o ser del tipo apropiado para su montaje directo en el orificio. Se practicarán orificios del diámetro apropiado para los aparatos de luz o cajas en el pavimento utilizando brocas con bordes de diamante. La parte inferior del orificio de las cajas de empalmes y los aparatos de luz debe ser planas o ligeramente cóncavas con la salvedad de que alrededor del perímetro debe haber una zona plana de unos 2,5 cm de ancho. Si se realizasen los orificios a una profundidad excesiva se rellenarán con un compuesto sellante hasta la profundidad deseada y se dejará curar el compuesto antes de proceder a la instalación.
- 4.5.7.3 Instalación de la caja. Los lados y fondos de la caja de un transformador, cajas de empalme o aparatos de luz deben limpiarse con arena antes de la instalación, esto mismo se hará con las caras interiores del orificio practicado. Las partes inferiores y laterales de las cajas o aparatos de luz y las caras y fondo del orificio deben cubrirse con un sellante apropiado en una cantidad mínima que rellene completamente el espacio entre el hormigón y el aparato de luz o caja. El sellante es, por lo general, una pasta formada por dos componentes que se mezclan e instalan de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se usará un dispositivo de retención para instalar cada luz o caja a fin de asegurar su correcta altura y alineación. El referido dispositivo debe quedar en su lugar hasta que fragüe el sellante. Los cables se deben introducir tirando de ellos y llevándolos a su posición para conectarlos o empalmarlos como se requiera, y la entrada debe quedar sellada. Se eliminará todo exceso de sellante o compuesto de empotramiento.
- 4.5.7.4 Enterramiento directo de los transformadores de aislamiento. Los transformadores de aislamiento directamente enterrados deben instalarse, por lo general, a la misma profundidad que los cables conectados a los mismos. Los transformadores y los cables deben disponerse de tal modo que no haya codos ni estén sometidos a fatigas los conectadores, y los cables e hilos deben tener la holgura adecuada para adaptarse a asientos del terreno y levantamiento del mismo por congelación. Se utilizarán los conectores apropiados y se encintará la junta por fuera con 2 ó 3 vueltas de cinta aislante. No se harán empalmes para conectar los cables a los transformadores.
- 4.5.7.5 Instalación de transformadores de aislamiento en cajas para los mismos. Cuando los transformadores de aislamiento se instalen en cajas, se colocarán con el lado plano sobre el fondo de la caja, si es posible. Los cables se conectarán a los hilos de los transformadores usando los conectores apropiados y nunca haciendo empalmes, y se encintarán la uniones. Los conectores deben quedar planos sobre el fondo de las cajas sin doblarse ni quedar sometidos a tensión. Las conexiones de tierra de los transformadores de aislamiento deben hacerse al hilo de tierra si existe tal conexión. Si las temperaturas de las cajas exceden 120°C, se colocará una sección de láminas de aluminio entre el aparato de luz y los transformadores para reducir los efectos del calor en estos últimos.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

CAPITULO V

CABLES PARA SERVICIOS SUBTERRANEOS EN AERÓDROMOS.

5.1 CARACTERISTICAS DE LOS CABLES

5.1.1 Características de los cables para servicios subterráneos.

5.1.1.1 Aislamiento. Normalmente, se especifican los siguientes materiales de aislamiento porque proporcionan las máximas temperaturas nominales de los conductores para condiciones de trabajo, sobrecargas y cortocircuitos de los cables especificados hasta un máximo de 35 kilovatios (KW):

- a) Polietileno degradado (XLP). Este compuesto termoenducible tiene excelentes propiedades eléctricas, buena resistencia química, buenas características de resistencia física, y mantiene su flexibilidad y bajas temperaturas.
- b) Caucho de etileno- propileno (EPR). Se trata de un componente de propiedades eléctricas consideradas iguales del polietileno degradado; consecuentemente, se debe dar al contratista la opción de facilitar uno u otro tipo.

5.1.1.2 Los materiales de aislamiento que se indican a continuación se deben emplear cuando las circunstancias especiales del caso justifique sus más bajas temperaturas nominales de los conductores o sus menores tensiones máximas nominales.

- a) Caucho. Los conductores aislados de cucho proporcionan facilidad de empalme, buena resistencia a la humedad y bajas pérdidas dieléctricas.
- b) Cambray barnizado. Este tipo de aislamiento se usa para impartir resistencia al ozono y al aceite y facilitar los empalmes. Se utilizará el cambray barnizado principalmente asociado a cables aislados con papel cuando sea un problema la migración de aceite. Si la instalación se hace en lugares muy húmedos o bajo tierra, el aislamiento de cambray barnizado debe llevar una envolvente apropiada.
- c) Aislamiento de papel. Se usará cable aislado con papel para una baja ionización, larga duración, elevada resistencia dieléctrica, bajas pérdidas dieléctricas y buenas características de estabilidad con las variaciones de temperatura. Como ocurre con el aislamiento de cambray barnizado, el aislamiento de papel requiere una envolvente metálica apropiada de protección. Se puede especificar como opción cuando los cables existentes están aislados con papel, o como requisito cuando el costa adicional que de justificado porque no se consiguen las cualidades requeridas con el polietileno degradado ni con el caucho de etileno propileno.
- d) Caucho butílico. Este aislamiento termoendurecible tiene elevada resistencia dieléctrica y es también muy resistente a la humedad, calor y ozono. Se puede usar para tensiones de hasta 35 KW, pero las temperaturas nominales de los conductores son más bajas que con el cable de polietileno degradado o de caucho de etileno- propileno.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- e) Caucho de silicona. Este aislamiento termoendurecible es muy resistente al calor, ozono y efecto corona. Se le puede usar en lugares húmedos o secos, expuestos o en conductores. Permite las mayores temperaturas nominales de los conductores, pero puede usarse únicamente en aplicaciones de hasta 5 KW.

5.1.1.3 Fundas de cables.

- a) No metálicas. Las fundas no metálicas deben ser flexibles, repelentes de la humedad y de larga duración. El neopreno, que se usa frecuentemente como funda no metálica para cables, es inapropiado en muchos lugares. Este material absorbe a menudo excesivas cantidades de agua que pueden penetrar en el aislamiento. Algunos materiales para fundas no metálicas, especialmente en ciertas zonas tropicales, experimentan daños, según se informa, por la acción de microorganismos, insectos y plantas. Algunos materiales para fundas, que se comportan correctamente bien instalados bajo tierra o en conductos, se deterioran rápidamente si se instalan exponiéndolos a la luz solar. Los materiales que se fragilizan a bajas temperaturas no deben usarse en regiones frías. En algunos sitios los roedores, dañan frecuentemente los cables de fundas no metálicas. En estos lugares, el cable debe instalarse en conductos o utilizarse uno con fundas metálicas.
- b) Metálicas. Los cables expuestos a daños mecánicos o a elevadas presiones interiores requieren una funda metálica, que puede ser de plomo, aluminio o acero. Hay ciertos aislamientos, como los de papel y cambray barnizado, que exigen esta protección en todos los casos.

5.1.1.4 Envoltente de los cables. Para evitar las fundas metálicas contra la corrosión, puede hacerse una envoltente o camisa apropiada.

5.1.1.5 Cables apantallados. El apantallado de un cable de distribución a tensión media es rigurosamente necesario para limitar el efecto eléctrico del propio aislamiento a impedir que las corrientes de fuga lleguen a la superficie del cable. El apantallado de aislamiento se requiere para todos los cables con fundas no metálicas clasificados para dos o más KV, excepto cuando los cables se destinan a circuitos en serie de iluminación de aeródromos, y para todos los cables con fundas metálicas clasificados para 5 KV en adelante. Las pantallas deben ponerse a tierra para reducir los peligros de descargas eléctricas. La tomas de tierra tiene que hacerse en cada terminación porque, de los contrario, se podrían producir peligrosas tensiones inducidas en las pantallas.

5.1.1.6 Incombustibilidad de los cables. Los cables de las cajas de registro, agujeros de inspección y cámaras de transformadores que trabajen a 2 400 V o más, o que estén expuestos a las fallas de otros cables activos de esas mismas tensiones, deben estar protegidos contra el fuego por medio de un revestimiento apropiado que se le aplica por rociado, pudiendo omitirse cuando lo permitan la separación física. Aislamiento por medio de barreras u otras consideraciones.

5.1.1.7 Protección contra los daños ocurridos por el efecto corona. El aislamiento de los cables de alta tensión que puede dañarse por el ozono debe protegerse contra esta posibilidad controlando el efecto corona que dan origen a la producción de ozono,

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

colocando una fina película semiconductora entre el conductor y su aislamiento. Esta película llena los vacíos entre el conductor y su aislamiento, evitando de este modo la generación del efecto corona y, en consecuencia, la del ozono. (Véase 5.1.3.6).

- 5.1.1.8 Conductores de los cables. En la mayoría de las formas de los conductores aislados se utiliza cobre recocido debido a su elevada conductividad, flexibilidad y facilidad de manejo. El cobre estirado de dureza media tiene mayor resistencia a la tracción que el recocido. Se deben permitir conductores de aluminio como opción excepto cuando las condiciones de corrosión limiten su empleo.
- 5.1.2 Clases de servicio.
- 5.1.2.1 Cables de baja tensión. Los cables de baja tensión, con un aislamiento nominal a 600V o menos, se usan para conectar los secundarios de los transformadores de aislamiento serie/serie a las lámparas de los aparatos de luz, para los circuitos de distribución a baja tensión, y como circuitos alimentadores a baja tensión a unidades sencillas y circuitos más cortos. Los conductores suelen ser de cobre pero también pueden serlos de aluminio, y es posible emplear cables con un solo conductor o con varios. Se utilizan tanto los conductores sólidos como trenzados, pero son preferible estos últimos si se espera que el cable experimente frecuentes flexiones. La sección transversal del conductor puede variar entre 2 y 8 mm² o ser mayor si hubiese que reducir la caída de tensión.
- 5.1.2.2 Cables de alta tensión. Para la iluminación de los aeródromos, se usan cables de alta tensión fundamentalmente para cables de alimentación y distribución de energía eléctrica. Los criterios y materiales que rigen para este caso son los mismos que los indicados en el párrafo 2.5.2 a 2.5.7 para los cables de distribución de corriente. Las tensiones utilizadas suelen variar entre 1 000 y 5 000 V. Normalmente, las secciones transversales de los conductores son de 3,3 a 21 mm² pero, ocasionalmente, se usan algunas mayores. Estos cables pueden tener un solo conductor o dos o tres. Para los citados cables hay que tener en cuenta las condiciones del suelo, las ambientales, el método de instalación, su posible exposición a productos químicos, y cualquier problema especial que exija la selección del aislamiento, fundas, envolventes y pantallas.
- 5.1.2.3 Cables de iluminación de aeródromos en serie. Los requisitos de los cables para esto propósito se han normalizado más que los de los cables destinados a la mayoría de los circuitos de alimentación. La corriente serie empleada en estos circuitos oscila entre 6 y 20 A. Los conductores tienen frecuentemente una sección transversal de 8,4 mm², pero también se usa cable de 3,3 mm². Estos cables no tienen más que un conductor, por lo general, es de 5 000 V nominales. Sobre el aislamiento es frecuente emplear una funda no metálica. A menudo se usa una pantalla formada por una cinta metálica entre el aislamiento y la funda o entre ésta y la envolvente no metálica pero puede no ser necesaria en algunas instalaciones. Lo preferible en los cables de iluminación en serie es que tengan conductores trenzados de cobre de 8,3 mm² de sección; aislamiento de polietileno degradado, caucho de etileno-propileno, caucho buna- n; camisas de polietileno clorosulfonado, cloruro de polivinilo, polietileno, o neopreno grueso; y pantallas de cintas metálicas.
- 5.1.2.4 Cable de control. Los cables de control son de baja tensión y se usan normalmente con pares de conductores o con varios de ellos. Pueden emplearse un grupo de

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

cables de un solo conductor para ciertos circuitos de control sencillos. Algunos cables de control tienen uno o dos conductores mayores para la tensión de línea y/o neutro, y otros varios menores para los controles individuales. En otras instalaciones se pueden emplear un par de hilos mayores para línea y neutro y otros cables con conductores menores para los controles individuales. Los cables de control multiconductores tienen 7, 12, 16 o más conductores. La mayoría de los cables de control tienen conductores de cobre trenzado. El tamaño se selecciona de tal manera que la caída de tensión de línea quede dentro de los límites aceptables. La sección transversal de los conductores varía normalmente entre 3,3 y 0,5 mm². La resistencia nominal del aislamiento debe ser la apropiada para la tensión de control, que, por lo general, es de 250 V o menos. Para los cables de control, se utiliza como aislamiento caucho, polietileno, cloruro de polivinilo, cambray barnizado u papel, entre otros. Es preferible un aislamiento fino para reducir el diámetro del cable. También conviene que los pares de los conductores vayan trenzados o en espiral para los circuitos de control de corriente alterna con el objeto de reducir la inducción de tensiones entre circuitos. Los cables con conductores múltiples deben tener una camisa exterior y estar apantallados por medio de cinta metálica.

- 5.1.2.5 Cable para comunicaciones. Se deben instalar circuitos especiales de intercomunicaciones o telefónicos para establecer tales comunicaciones entre la torre de control, cámara de iluminación y oficinas o estaciones. Los circuitos suelen estar formados por uno o más cables telefónicos de pares trenzados. Estos cables deben ser apropiados para su instalación bajo tierra. aunque los cables de control pueden utilizarse para comunicaciones en algunas instalaciones, es preferible utilizar cables independientes en conductores separados o mantenerlos bien separados en la zanja, si se entierran directamente.
- 5.1.2.6 Hilos de toma de tierra. Se debe instalar un hilo de toma de tierra o una tierra artificial para proteger a los cables de control y alimentación enterrados contra los altos impulsos de corriente a tierra en lugares donde exista la posibilidad de que se produzcan descargas atmosféricas. El hilo de toma de tierra deben instalarse entre la superficie de tierra y los cables enterrados. Normalmente, es un único conductor de cobre trenzado y sin aislamiento. El diámetro de este hilo de toma de tierra no debe ser inferior al mayor del de los conductores que protege. La sección transversal del conductor puede oscilar entre 8,4 y 21 mm², o incluso ser mayor. El cable debe ser continuo y estar conectado a cada aparato de luz y piquete o conexión de toma de tierra a lo largo de su ruta.
- 5.1.3 Causas de daños de los cables.
- 5.1.3.1 las averías de los cables son razones frecuentes de las fallas de los circuitos de iluminación de los aeródromos y requieren normalmente mucho tiempo y esfuerzo para localizarles y repararlas. Los métodos efectivos de reducir las averías de los cables mejoran la fiabilidad del sistema. Un conocimiento más profundos de las causas de daño de los cables contribuye a la mejor elección de los tipos de éstos y de los procedimientos de instalación. A continuación, se indican estas causas.
- 5.1.3.2 Daños mecánicos. Probablemente, la mayoría de los defectos de los cables se deben a daños mecánicos. La causa más frecuente de éstos son, probablemente, la aplicación de técnicas incorrectas y procedimientos de instalación, pero también se pueden dañar físicamente los cables debido a levantamiento del terreno por

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

congelación, vibraciones creadas por el tráfico de los aviones y vehículos, acción de los roedores, desplazamiento o asiento del terreno, y muchas otras razones. Algunos tipos de daños mecánicos son los siguientes:

- a) Cortes y arañazos del aislamiento.
- b) Esfuerzos excesivos del cable al tirar del mismo para introducirlo en el conducto o al desenrollarlo de su carrete para enterrarlo directamente.
- c) Piedras u objetos extraños en los lechos o en el material de relleno de las zanjas.
- d) Inadecuada holgura a la entrada, o ya en el interior, de las cajas de registro, agujeros de inspección, bases de luces, conductos, aparatos de luz, conexiones de equipos, conectores, empalmes, a lo largo de las zanjas o conductos, o en otros lugares donde los asientos del terreno, mantenimiento, instalación o condiciones atmosféricas pueden aumentar esos esfuerzos.
- e) Las picaduras de los conductores en los empalmes o en las uniones de los conductores pueden conducir a la rotura posterior del conductor.
- f) Una adecuada separación de los cables en las zanjas, tanto vertical como horizontalmente, en los bucles de holguras de los cables, o en lugares donde la compactación de la tierra o la acción de congelación pueden forzar a dos secciones del cable a entrar en contacto directo.
- g) La congelación o levantamiento del terreno a causa de la misma, forzando los cables contra el hielo, tierra helada o cualquier otro objeto sólido o material. En estos puntos es necesario un amortiguamiento adecuado y dar holgura para reducir la fatiga del cable.
- h) Incorrecta sujeción de los cables en las cajas de registro u otras zonas en donde se produce catenaria de ellos y no que den expuestos dando por resultado que objetos o personas ejerzan presión sobre los mismos.
- i) La vibración del tráfico que pasa sobre el cable o por operaciones de equipos fijos al cable o próximos al mismo, que pueden causar fatigas en el conductor o en la funda y en el aislamiento. Si existe la posibilidad de que se produzcan estas condiciones, se instalarán los cables en conductos que se extiendan bastante más allá de la zona en que tienen lugar las vibraciones.
- j) La rotura o reparación de los conductos o canalización puede romper los cables. Al instalar los conductos o canalizaciones, se les debe unir correctamente y rellenar y apisonar de la forma apropiada.

5.1.3.3 Penetración del agua. Cuando el agua puede penetrar por la envolvente y aislamiento del cable y llegar hasta el conductor, se puede producir una avería a tierra. La penetración del agua o las fugas pueden tener lugar en los empalmes, conexiones, terminaciones de los cables, zonas de daño físico, mal aislamiento, picaduras debido a descargas o sobre tensiones, o por otros defectos.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

- a) Una causa frecuente de penetración de agua son los empalmes mal hechos y la incorrecta instalación de los juegos de conectores. Para hacer los empalmes e instalar los conectores, hágase referencia a las instrucciones de la sección 5.2.
- b) Para evitar la penetración del agua por los extremos de los cables, los mismos deben mantenerse limpios y exentos de humedad antes y después de conectarlos a los equipos. Los extremos libres de los cables deben protegerse de una forma similar. Algunos tipos de aislamiento, especialmente los de papel y los cargados con mineral en polvo pueden atraer la humedad atmosférica durante los períodos en que esta es elevada. Los extremos de estos cables, por consiguiente, deben mantenerse sellados permanentemente, incluso después de conectarlos a los equipos.
- c) Algunos aislamientos, por defectos o composición, pueden permitir una excesiva penetración del agua. Por ensayos de calidad de la resistencia de aislamiento se pueden detectar tales defectos. Se dispondrá de informes en los que se indica que los cables con camisa de neopreno no son adecuadamente resistentes al agua, aunque en otros se afirma que los cables de este tipo se comportan bien. Antes de adquirir el cable, debe investigarse el rendimiento del tipo de cable en otras instalaciones, preferiblemente de acuerdo con el propio fabricante.
- d) Las descargas atmosféricas pueden dañar gravemente los cables o las tensiones inducidas averiar suficientemente el aislamiento al ocasionarles picaduras. Estas picaduras se producen con más probabilidad en los puntos de cruce de los cables o en aquellos lugares próximos o en contacto con conductores metálicos. Los daños producidos por descargas atmosféricas se producen instalando correctamente los hilos de toma de tierra o las tomas artificiales.
- e) Se puede aplicar una tensión excesiva a un cable, bien accidentalmente o por una operación defectuosa, y no evidenciarse de una forma inmediata el daño del cable.

5.1.3.4 Daños por productos químicos. Es frecuente que los cables de iluminación de los aeródromos se hallen situados en zonas en donde puede haber de forma regular u ocasionalmente combustibles, aceites, ácidos u otros productos químicos, todos los cuales afectan la resistencia de los aislamientos de algunos tipos de cable. Si se sabe o se sospecha, que los cables pueden estar expuestos a tales productos químicos, se elegirá el tipo que sea resistente a ellos.

5.1.3.5 Daños producidos por roedores. En algunos lugares, los cables que se entierran directamente experimentan daños por la acción de roedores, que destruyen el aislamiento. Existen pruebas de que los roedores pueden sentirse atraídos hacia el cable, bien por el calor que este emite o por el sabor que éstos tienen. Cuando el daño que puedan producir los roedores constituye un problema grave, se deben instalar los cables en conductos o utilizar cables con funda metálica.

5.1.3.6 Daños por microorganismos o plantas. Para su conocimiento se informa que los microorganismos y las plantas han dañado algunos tipos de cables en zonas tropicales o subtropicales, en tanto que hay otros tipos que no han sido seriamente afectados. Si se prevé que pueden generarse tales problemas, se seleccionará un tipo de cable que se conozca sea resistente a esos microorganismos y plantas.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

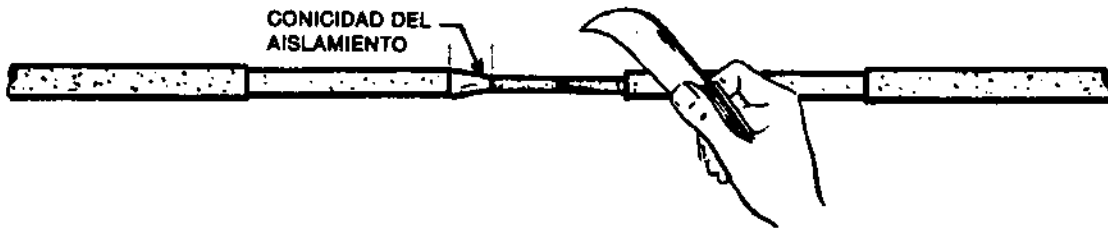
- 5.1.3.7 Daños por ozono y efecto corona. Algunos aislamientos de cables se dañan por ozono y, en consecuencia, por el efecto corona generado por el circuito o por circuitos próximos. Existen aislamientos de cables que resisten satisfactoriamente estos efectos. Deben elegirse los cables que tengan estas cualidades si han de transportar altas tensiones o quedar expuestos a otras fuentes de ozono o efecto corona. Antes, había estados que usaban cables que no estaban protegidos contra los daños de efecto corona para los sistemas de luces en serie de aproximación y pistas de aterrizaje, basándose en estos sistemas trabajan a plena intensidad únicamente durante un pequeño número de horas al año. Consecuentemente, estos cables están sometidos a fatigas de elevada tensión sólo durante una pequeña fracción del tiempo de servicio. Pero se ha visto que no es aconsejable esta practica, porque la reducción de costos es pequeña y porque algunos de esos cables se insertan invariablemente en los circuitos de distribución de energía y quedan sujetos a altas tensiones continuas.
- 5.1.3.8 Daños por luces ultravioletas. Algunos aislamientos de cables, que se comportan satisfactoriamente en instalaciones enterradas, pueden fragilizarse y deteriorarse con rapidez cuando se expone a la luz del sol si se usan sobre soportes elevados como las torres de luces de aproximación. Si el cable recibe este tipo de exposición, se elegirá aquel cuyo aislamiento resista la luz ultravioleta o se instalará el cable en conductos metálicos.
- 5.1.3.9 Deterioro de los cables. La mayor parte del aislamiento de los cables se va deteriorando poco a poco. La duración útil de servicio de los cables enterrados debe ser de 10 a 20 años.
- 5.2 CONEXIONES DE LOS CABLES.
- 5.2.1 Empalme de los cables.
- 5.2.1.1 Los empalmes de todos los cables deben ser realizado por personal experimentado y calificado aplicando las más correctas prácticas de trabajo. Los métodos de empalme y materiales utilizados deben ser de los tipos de los tipos recomendados por el fabricante del material de empalme para el tipo particular de los cables en el que se hace estos trabajos. Todos los empalmes deben satisfacer los siguientes requisitos.
- 5.2.1.2 Cables de alimentación aislados para más de 5 000 V. Deben utilizarse los juegos de empalmes diseñados para el tipo de cable que se va a empalmar. Cuando no se disponga de tales juegos, se harán empalmes encintados de acuerdo con el párrafo 5.2.2. No se deben utilizar empalmes con epoxy o resina.
- 5.2.1.3 Cables de alimentación con aislamiento para 610 a 5 000 V. Se deben usar envoltentes de empalmes de resina epoxy a presión y juego moldeado de empalme diseñado para el cable de estricta conformidad con las instrucciones del fabricante. Sólo se deben emplear encintados en los casos necesarios.
- 5.2.1.4 Cables de alimentación aislados para 600 V o menos. Pueden usarse juegos moldeados de empalme o envoltentes para ellos de resina epoxy a presión apropiados para todos los cables directamente enterrados. También se pueden

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

hacer empalmes encintados usando tubos preestirados o de contracción por calor con cobertura de empalme.

- 5.2.1.5 Cables de control y telefónicos. Existe un tipo de envolvente relleno de tipo reentrante para empalmes aplicables a los cables no presurizados aislados con termoplásticos. Los empalmes en cables existentes presurizados forrados de plomo o aislados con papel deben hacerse de acuerdo con los requisitos de la autoridad que intervenga.
- 5.2.2 Empalmes encintados.
- 5.2.2.1 los empalmes encintados sólo deben hacerse cuando no pueden conseguirse conectores satisfactorios o juegos especiales para esos empalmes. En tales circunstancias se aplicará la técnica correcta para un excelente servicio. La técnica que se describe a continuación se destina a cables con un solo conductor, pero es aplicable, por la adaptación conveniente, a empalmes de cables con conductores múltiples.
- 5.2.2.2 Se mantendrán los extremos de los cables a unir limpios y protegidos de la humedad ambiental.
- 5.2.2.3 Se ahusará con cuidado y separará la envolvente, camisa, pantalla metálica, funda y aislamiento en los extremos de los cables que se van a empalmar. Se eliminará todo resto de aislamiento de los conductores en una longitud aproximada de 2 cm y cuidando de no dañar de forma alguna el conductor. Se ahusará de una manera uniforme el aislamiento desde el extremo del conductor en 2cm o más. Se quitará la funda, cinta metálica, camisa, etc., a lo largo de la superficie exterior de la capa de aislamiento en otros 2 cm (véase la Figura 5- 1a). Esta operación de ahusado tiene la finalidad de impedir que penetre agua por esos lugares. Se mantendrá intacta la cinta metálica de blindaje, si existe, en toda la longitud del empalme. Análogamente, se ahusará la funda no metálica en 2 cm o más. Se eliminará cualquier armadura de acero o metálica o recubrimiento metálico exterior, pero se dejarán los extremos para volverlos a conectar alrededor del empalme.
- 5.2.2.4 Se utilizará un conector de aplicación a presión para unir los extremos del conductor. Para este fin, se usará una herramienta diseñada de tal modo que comprima completamente el conector (véase la Figura 5- 1b). Si se desea, también se puede soldar.
- 5.2.2.5 Empleando cinta de caucho natural o sintético de buena calidad, se envolverá con cuidado la unión con una capa, manteniendo suficiente presión sobre la cinta para que esta se alargue en un 25%, aproximadamente, y solapando esta cinta en la mitad de su anchura. Se extenderá cada capa a uno u otro lado para cubrir la conicidad hecha en el aislamiento, y se continuará aplicando capas de cinta en toda la longitud de la de aislamiento. Véase la Figura 5-1c.
- 5.2.2.6 Si se usa cinta de blindaje sobre el aislamiento, se conectará la cinta metálica, que debe haberse dejando intacta, sobre el empalme por soldadura o empleando conectores apropiados. Finalmente, se envolverá con más cinta metálica de tipo similar, si es preciso.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS

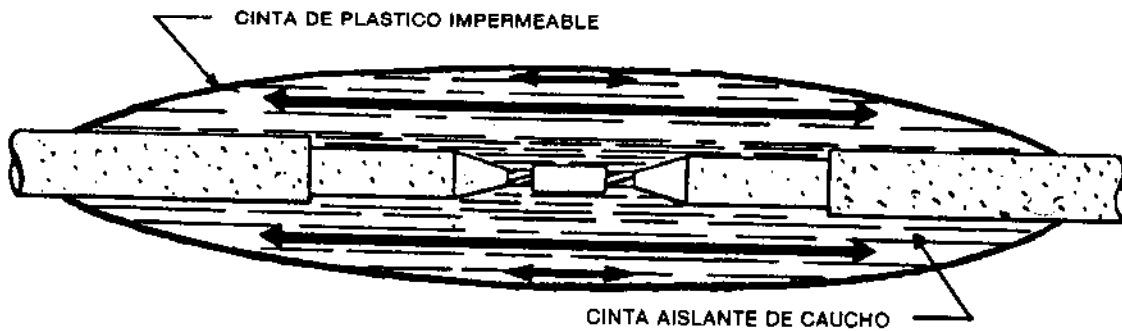


(a) TAPERING INSULATION.



* Colóquese con una herramienta que permita comprimir perfectamente el conductor antes de separarla.

(b) CONDUCTOR CONNECTION.



↔ Indica capas de cinta bobinadas en ambas direcciones

(c) CROSS SECTION OF SPLICE.

Figura 5-1. Empalme encintado de un cable de un solo conductor

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

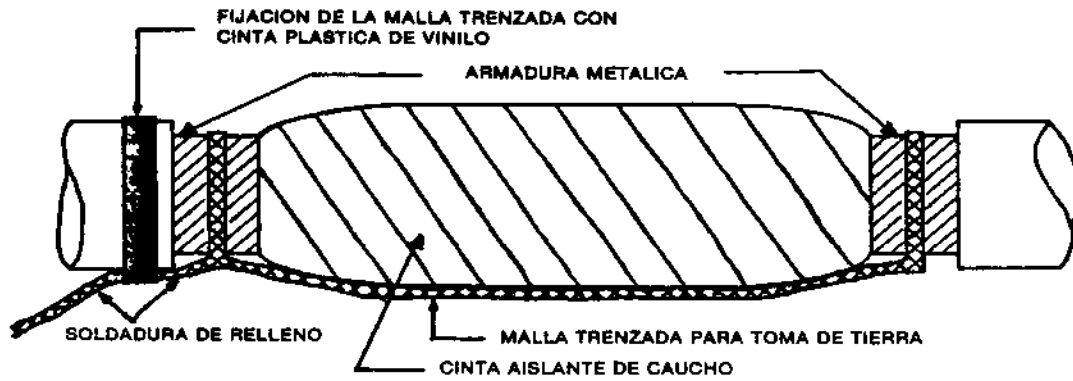
- 5.2.2.7 Se continuará envolviendo con la cinta de caucho como se ha indicado en el párrafo 5.2.2.5 en no menos de 1,5 veces en diámetro del cable. Después se aplicará tensión con cuidado a la cinta para evitar que queden vacíos y conseguir una buena adherencia de ella a la superficie del cable y entre cada capa interior de la cinta.
- 5.2.2.8 Sobre la cinta de caucho, se aplicarán varias capas de cinta de gran resistencia al aislamiento, incombustible e igualmente resistente a la humedad y al frío. Se colocará la cinta plástica ejerciendo apreciable tensión y solapando cada vuelta en la mitad de su anchura, aproximadamente. La cinta plástica debe extenderse 3 cm o más a lo largo de la superficie del aislamiento de la funda a cada lado del empalme.
- 5.2.2.9 Si el cable tiene armadura de acero u otra envolvente metálica, se conectará un tramo de malla trenzada para la toma de tierra sobre el empalme y se unirá a la armadura del cable por medio de conectores apropiados de abrazaderas y/o soldando en cada extremo del empalme (véase la Figura 5- 2a). Si el cable está envuelto en plomo, se hará una adecuada junta de este material soldado sobre el empalme para formar un cierre impermeable a la cobertura de plomo del cable. Si la envolvente metálica está protegida contra la corrosión por algún material de revestimiento, se aplicará una capa de igual material sobre toda la superficie del cable y del empalme en esta parte del trabajo.
- 5.2.3 Juego de conectores para luces de aeródromos.
- 5.2.3.1 Uso de los juegos de conectores. En los últimos años, la mayor parte de las conexiones de los circuitos en serie se han hecho utilizando juegos apropiados de conectores para ellas. Aunque el costo de estos juegos es elevado, el tiempo que se ahorra en su instalación y la facilidad con la que se pueden abrir y volver a cerrar los circuitos al localizar las averías han hecho deseable el empleo de los mismos. Como actualmente casi todos los transformadores de aislamiento se fabrican con conectores, hace falta utilizar los cables y proporcionar un sencillo medio de conectar o desconectar al circuito serie y a la luz el transformador. En la Figura 5- 3 se ilustran los conectores de un solo conductor.
- 5.2.3.2 Instalación de los conectores. Los extremos de los cables deben prepararse con cuidado de acuerdo a las instrucciones, manteniendo esos extremos y las superficies del conector exento de suciedad y humedad. Hay que cerciorarse de que las cavidades que queden entre el cable y el interior del conector se rellenen con gel u otro material con esas mismas características a fin de evitar huecos. Después de hacer la unión con los conectores debemos cerciorarnos de que no quede aire atrapado que pueda tender a forzar y abrirse la conexión. Se sugiere, para evitar este problema, cerrar la unión con cinta aislante de vinilo para evitar este problema para mantener limpia la zona e impedir que se separen las piezas.
- 5.2.4 Cables coaxiales.
- 5.2.4.1 Cables coaxiales no presurizados. Los cables coaxiales se deben unir usando conectores apropiados para ellos. Cada uno de estos conectores deben cubrirse con un tubo de contracción por calor cuya longitud mínima sea de 15 cm y cuya relación de contracción sea de 3: 1 o mayor. Al cable se puede aplicar un adhesivo apropiado por rociado, pero nunca al conector antes de su contracción. Para favorecer la contracción por medio de calor del tubo, se utilizará una pistola al efecto de que un

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

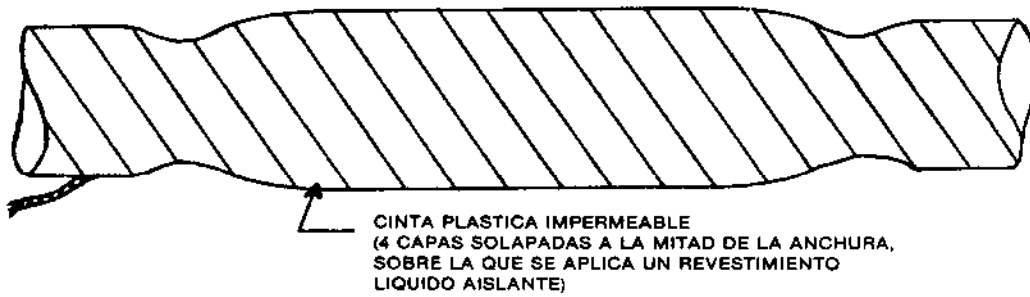
genere llama. También se puede usar como cobertura alternativa un tubo preestirado y mecánicamente contraíble, de acuerdo con la recomendación del fabricante.

- 5.2.4.2 Empalme de cables coaxiales presurizados. Si no se autoriza específicamente no se empalmarán nunca en el lugar de instalación de los cables coaxiales presurizados.

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS



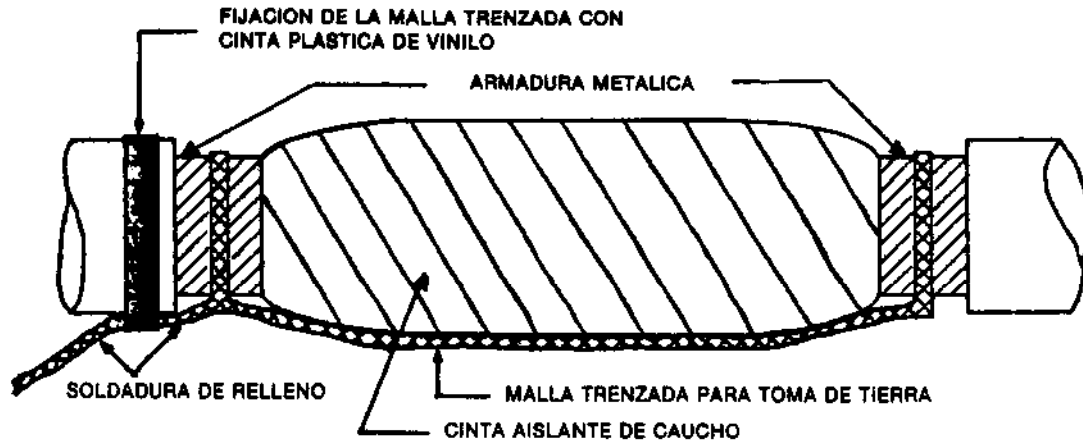
a) CONEXION DE LA ARMADURA SOBRE EL EMPALME



b) ENVOLVENTE EXTERIOR DEL EMPALME

Figura 5-2. Empalme encintado de un cable con armadura metálica

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS



a) CONEXION DE LA ARMADURA SOBRE EL EMPALME



b) ENVOLVENTE EXTERIOR DEL EMPALME

Figura 5-2. Empalme encintado de un cable con armadura metálica

MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS SISTEMAS ELECTRICOS

5.2.5 Conexión de conductores.

5.2.5.1 Conductores de alimentación eléctrica. Los conductores de los cables de este tipo se conectan utilizando conectores de presión aplicables con la herramienta antes citada diseñada para hacer la conexión completa antes de que pueda retirarse esa herramienta. Si los circuitos son de baja tensión (600 V o menos), pueden emplearse conectores de pasador hendido.

5.2.5.2 Cables de control y telefónicos. La unión de los conductores de los cables telefónicos o de control debe hacerse por medio de empalmes trenzados y soldados o con un conector apropiado previamente aislado y de desprendimiento automático de la envolvente, que se instala utilizando la herramienta específica a que se hace referencia para colocar un conector a presión. Al hacer la instalación, debe seguirse rigurosamente el código de colores de los conductores.

5.2.5.3 Armadura y pantalla de los cables. Las pantallas deben unirse eléctricamente sobre el empalme limpiando y soldando. Se utilizarán secciones de malla trenzada metálica y cinta conductora, si es preciso. Las armaduras y las pantallas deben aislarse completamente entre sí y de tierra, con las salvedades indicadas en el párrafo 4.5.3.3.

**MANUAL DE PROYECTO DE AERODROMOS
SISTEMAS ELECTRICOS**

BIBLIOGRAFIA

1. – Manual de Proyecto de Aeródromos. (Doc 9157-AN/901)Parte 5. Sistemas Eléctricos. Primera Edición- 1983.
2. – Normas y Métodos Recomendados Internacionales. Aeródromos. anexo 14 al Convenio sobre Aviación Civil Internacional. Volumen I. Diseño y Operaciones de Aeródromos. Tercera Edición- Julio 1999