



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICA DE POTENCIA

### TESIS DE GRADO

**TEMA:**

**“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE  
AYUDAS VISUALES LUMINOSAS PARA LA NAVEGACIÓN  
AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL  
COTOPAXI”.**

Tesis presentada previo a la obtención del título de Ingeniero/a en:

SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

**Autores:**

Anchatipán Navas Luis Arturo

**Director:**

Ing. Medina Franklin

Latacunga– Ecuador

Mayo - 2015



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

## AUTORÍA

Los criterios emitidos en el trabajo de investigación:

**“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES LUMINOSAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI”**, como también los contenidos, ideas, análisis, conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor de este trabajo de grado.

Latacunga, mayo del 2015

EL AUTOR

Ing. Luis Arturo Anchatipán Navas

C. I. 0501738058



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

## AVAL DE DIRECTOR DE TESIS

**En calidad de Director de Trabajo de Investigación sobre el tema:**

**“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES LUMINOSAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI”.**

Del señor estudiante; ANCHATIPÁN NAVAS LUIS ARTURO postulante de la Carrera de Ingeniería en ELÉCTRICA DE POTENCIA,

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, mayo 2015

EL DIRECTOR

.....  
Ing. Franklin Gonzalo Medina Salazar  
**DIRECTOR DE TESIS**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

Latacunga – Ecuador

---

## AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO

En calidad de Asesor Metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES LUMINOSAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI”**

Del señor estudiante; ANCHATIPÁN NAVAS LUIS ARTURO postulante de la Carrera de Ingeniería en ELÉCTRICA DE POTENCIA,

### **CERTIFICO QUE:**

Una vez revisado el documento entregado a mi persona, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos - técnicos necesarios para ser sometidos a la **Evaluación del Tribunal de Validación de Tesis** que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, mayo 2015

.....  
Dr. Galo Terán  
**ASESOR METODOLÓGICO**

# **CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN**

En calidad de Administrador del Aeropuerto Internacional Cotopaxi y conociendo que en este Aeropuerto se está ejecutando trabajos de:

**“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES LUMINOSAS PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI”.**

## **CERTIFICO QUE:**

El señor Ing. ANCHATIPÁN NAVAS LUIS ARTURO, trabaja para la DGAC y cumple funciones referentes a Sistemas Eléctricos de Potencia, Ayudas para la Navegación Aérea, mantenimientos preventivos y correctivos.

Existiendo, apoyo en coordinación y logística por parte de esta administración y el respectivo soporte y asesoramiento de parte de los técnicos eléctricos para la ejecución del presente proyecto.

Por lo que dicho proyecto investigativo con fines académicos para la Universidad Técnica de Cotopaxi, tiene el aval de esta Administración.

Latacunga, mayo 2015

.....  
Lic. Darwin Vallejo Mosquera Msc.  
**ADMINISTRADOR AEROPORTUARIO 3**  
**JEFE AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI**

## **AGRADECIMIENTO**

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas Instituciones, familiares, compañeros de trabajo, amigos, quienes de alguna forma, brindaron ayuda desinteresada, información relevante, etc. A la Universidad Técnica de Cotopaxi, sus Autoridades y eximios catedráticas prestos a compartir sus conocimientos y experiencias en el inter-aprendizaje, con énfasis al Director de tesis y amigo Ing. Franklin Medina y Doctor Galo Terán quienes con sus conocimientos, experiencia, paciencia han facilitado la culminación de este proyecto.

*Luis Arturo Anchatipán Navas*

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios, mis padres, familia. A Dios porque ha estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, en especial a mi Padre (+) por siempre haber inculcado valores y depositado su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad; a mi esposa María Elena que día a día me brinda su apoyo incondicional, gestora de mi superación, mis hijos ( Leslie, Irwin y Dustin) motivadores constantes de mis ideales, en forma particular a mi angelito que ha fortalecido mi vida y mi credo con su existencia. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

*Luis Arturo Anchatipán Navas*

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA

<b>AUTORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AVAL DE DIRECTOR DE TESIS .....</b>	<b>iii</b>
<b>AVAL DE ASESOR METODOLÓGICO .....</b>	<b>iv</b>
<b>CERTIFICADO DE IMPLEMENTACIÓN .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>viii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xv</b>
<b>AVAL DE TRADUCCIÓN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>1</b>
1.1. Modernización de sistemas de ayudas visuales para Navegación Aérea	1
1.2. Balizaje luminoso en Sistemas de Iluminación.....	2
1.3. Partes de un aeródromo. ....	3
1.4. Sistemas de iluminación.....	4
1.4.1. Sistema de iluminación de aproximación. ....	6
1.4.2. Sistema visual indicador pendiente de aproximación (PAPI) .....	11
1.4.3. Luces de borde de pista .....	13

1.4.4.	Luces de umbral de pistas y de barra de ala .....	14
1.4.5.	Luces de extremo de pista .....	15
1.4.6.	Luces de borde de calle de rodaje .....	16
1.4.7.	Iluminación de plataforma con proyectores.....	17
1.5.	Fotometría .....	17
1.6.	Cálculos eléctricos y equipamiento requerido.....	19
1.6.1.	Dimensionamiento de conductores eléctricos .....	19
1.6.2.	Cálculo de la potencia del regulador de intensidad constante .....	22
1.7.	Definiciones de Términos Básicos. ....	24
<b>CAPÍTULO II .....</b>		<b>28</b>
<b>DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS. 28</b>		
2.1.	Aeropuerto Internacional Cotopaxi (Breve reseña histórica) .....	28
2.2.	Situación actual de la infraestructura del Aeropuerto Internacional Cotopaxi .....	29
2.3.	Aplicación de las técnicas de investigación.....	30
2.3.1.	Técnicas de investigación:.....	30
2.3.2.	Entrevista .....	31
2.3.3.	Población.....	31
2.4.	Resultados, análisis e interpretación. ....	32
2.4.1.	Entrevista a pilotos.....	32
2.5.	Análisis de la disponibilidad de sistemas de ayudas visuales en la subestación de reguladores.....	35
2.6.	Análisis de la estadística de operaciones aéreas por año .....	37
2.7.	Análisis de la situación anterior del sistema de ayudas visuales .....	38
2.7.1.	Iluminación de pista .....	38

2.7.2.	Indicador pendiente de aproximación PAPI .....	39
2.7.3.	Sistema de iluminación de aproximación .....	39
2.7.4.	Luces de borde de calle de rodaje .....	40
2.7.5.	Luces de plataforma .....	40
2.7.6.	Anterior sistema integrado de control para ayudas visuales .....	41
2.8.	Comprobación de la hipótesis .....	42
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>44</b>
<b>PROPUESTA .....</b>		<b>44</b>
3.1.	Presentación .....	44
3.2.	Justificación de la propuesta .....	45
3.3.	Objetivos.....	45
3.3.1.	Objetivo General de la propuesta .....	45
3.3.2.	Objetivos específicos de la propuesta .....	45
3.4.	Factibilidad de aplicación de la propuesta .....	46
3.4.1.	Factibilidad técnica .....	46
3.4.2.	Factibilidad económica .....	46
3.5.	Situación propuesta.....	47
3.5.1.	Propuesta para modernizar los sistemas de ayudas visuales del Aeropuerto Internacional Cotopaxi.....	47
3.5.2.	Equipamiento para sistema de iluminación de pista.....	49
3.5.3.	Equipamiento para el sistema de iluminación de taxi way.....	55
3.5.4.	Equipamiento para el sistema de aproximación.....	56
3.5.5.	Equipamiento para el sistema PAPI .....	58
3.5.6.	Equipamiento del control remoto .....	58
3.5.7.	Equipamiento para sistema de Iluminación de Plataforma.....	60

3.6.	Ejecución del balizaje de sistemas de ayudas visuales .....	62
3.6.1.	Selección de equipos.....	63
3.6.2.	Cálculo de reguladores de corriente constante.....	64
3.6.3.	Dimensionamiento de conductores (torres de iluminación).....	67
3.6.4.	Justificación técnica del dimensionamiento de protecciones eléctricas y contactores (torres de iluminación.) .....	70
3.6.5.	Justificación técnica del dimensionamiento de conductores (iluminación de pista). .....	71
3.6.6.	Cálculo de protecciones .....	73
3.7.	Instalación, ajustes y puesta en operación .....	74
3.8.	Guía de mantenimiento de balizaje luminoso .....	76
3.8.1.	Introducción .....	76
3.8.2.	Campo de Aplicación.....	77
3.8.3.	Control Remoto (Telecomando) .....	77
3.8.4.	Regulador de corriente constante (RCC) .....	78
3.8.5.	Indicador de trayectoria de aproximación de precisión PAPI.....	83
3.8.6.	Mantenimiento de las luces de balizaje.....	84
3.9.	Conclusiones.....	86
3.10.	Recomendaciones .....	87
	<b>Bibliografía .....</b>	<b>88</b>
	Citada .....	88
	Consultada.....	88
	Básica.....	88
	Páginas electrónicas .....	89
	<b>Anexos .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE UN AERÓDROMO .....	6
FIGURA 1.2. SISTEMA SENCILLO DE ILUMINACIÓN .....	8
FIGURA 1.3. SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN DE CATEGORÍA I .....	9
FIGURA 1.4. SISTEMA SENCILLO DE ILUMINACIÓN .....	10
FIGURA 1.5. SISTEMA PAPI .....	12
FIGURA 1.6. LUCES BORDE DE PISTA .....	14
FIGURA 1.7. LUCES UMBRAL DE PISTA .....	15
FIGURA 1.8. UBICACIÓN LUCES CALLE DE RODAJE .....	16
FIGURA 2.1. PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES .....	35
FIGURA 2.2. DIAGRAMA NÚMERO OPERACIONES AÉREAS POR AÑO	37
FIGURA 2.3. LÁMPARA DE PISTA .....	39
FIGURA 2.4. LÁMPARA DE TAXI WAY .....	40
FIGURA 2.5. LÁMPARA DE PISTA .....	42
FIGURA 3.1. REGULADORES DE CORRIENTES PROGRAMABLES .....	52
FIGURA 3.2. CIRCUITO SERIE LUCES DE PISTA .....	53
FIGURA 3.3. LÁMPARA LED DE TAXI WAY .....	56
FIGURA 3.4. SISTEMA PAPI .....	58
FIGURA 3.5. CONTROL MÍMICO .....	59
FIGURA 3.6. TORRES CILÍNDRICAS DE ILUMINACIÓN PLATAFORMA	61
FIGURA 3.7. SISTEMA AYUDAS VISUALES LUMINOSOS .....	76

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE CONDUCTORES DE CU .....	21
TABLA 1.2. CONDUCTIVIDAD A DISTINTAS TEMPERATURAS .....	22
TABLA 1.3. RESISTENCIA MÁXIMA DE CONDUCTOR .....	23
TABLA 2.1. DISPONIBILIDAD AYUDAS VISUALES .....	35
TABLA 2.2. SISTEMA ESTADÍSTICO .....	37
TABLA 2.3. MEDICIÓN LUXES EN PLATAFORMA .....	41
TABLA 3.1. EQUIPAMIENTO DE ILUMINACIÓN DE PISTA .....	49
TABLA 3.2. EQUIPAMIENTO DE ILUMINACIÓN DE TAXY WAY .....	55
TABLA 3.3. EQUIPAMIENTO EN SISTEMA DE APROXIMACIÓN .....	56
TABLA 3.4. EQUIPAMIENTO EN ILUMINACIÓN PLATAFORMA.....	60
TABLA 3.5. SISTEMA ESTADÍSTICO .....	62
TABLA 3.6. GRUPOS ELECTRÓGENOS AUXILIARES .....	63
TABLA 3.7. SISTEMA DE ILUMINACIÓN PISTA.....	64
TABLA 3.8. POTENCIA DE REGULADORES .....	66
TABLA 3.9. RESUMEN CÁLCULO CALIBRE CONDUCTOR .....	69
TABLA 3.10. TABLA ORIENTATIVA.....	73
TABLA 3.11. POSIBLES FALLOS.....	80

## **RESUMEN**

El presente proyecto se desarrolló en el “Aeropuerto Internacional Cotopaxi”, dónde se determina la importancia de la navegación aérea para guiar al piloto de manera segura y eficaz durante la operación de aterrizaje y estacionamiento, por lo que se ha puesto en investigación y ejecución el proyecto:

“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI.”

Este proyecto requirió metodología fundamentada en investigación de campo, aplicada, bibliográfica/documental y descriptiva; aliados con técnicas para recopilar información, tales como: la encuesta y entrevista. Los actores principales encuestados son pilotos y personal técnico aeronáutico (DGAC) de diferentes áreas involucradas en operaciones aéreas.

Es importante mejorar y modernizar los sistemas de ayudas visuales a la navegación aérea, utilizando tecnología de punta, implementando iluminación tipo LED, contribuyendo al ahorro energético, preservando recursos naturales y protegiendo el medio ambiente.

En base a la experiencia en cuanto a mantenimiento correctivo y preventivo, ha sido necesario mencionar un compendio de principales tareas de inspección en los sistemas y equipos, con lo que se pretende ayudar a disminuir el tiempo de parada o la puesta fuera de servicio de las ayudas visuales, con la consecuencia de cerrar total o parcialmente el aeropuerto.

Palabras Claves:      Implantación              Seguridad              Aeronavegación

## **ABSTRACT**

This research was carried out at “Cotopaxi International Airport”, where the importance of aerial navigation is determined to guide the pilot securely and effectively during landing off and parking, for this reason, it has been put into research and project implementation: "VISUAL AIDS UPDATING AND IMPLEMENTATION FOR AERIAL NAVIGATION AT COTOPAXI INTERNATIONAL AIRPORT". A field investigation, bibliographic/documentary and descriptive methodology were applied in this research, linked with some techniques for gathering information such as: survey and interview. The principal actors are the pilots and aeronautical personnel (DGAC) from different areas involved in aeronautical operations. It is important to improve and update visual aids systems for aerial navigation, using leading technology, implementing LED lighting type, contributing to energy saving, preserving natural resources and protecting the environment. Based on corrective and preventive maintenance experience, it has been necessary to mention a summary about the main tasks of systems and equipment inspection, to help reducing MTBF and MTBO, with the result to close the airport totally or partially.

MTBF: IT MEANS TIME BEFORE FAILURE

MTBO: IT MEANS TIME BEFORE OUTAGES

**Keywords:** Implantation      Security      Aeronavigation

## **AVAL DE TRADUCCIÓN**

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por el señor Egresado de la Carrera de Ingeniería en Eléctrica de Potencia de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **ANCHATIPÁN NAVAS LUIS ARTURO**, cuyo título versa **“MODERNIZACIÓN, IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES PARA LA NAVEGACIÓN AÉREA EN EL AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2015

Atentamente,

Msc. Carolina Cisneros

**DOCENTE CENTRO CULTURAL DE IDIOMAS**

**C.C. 0502766439**

# INTRODUCCIÓN

En la publicación, PLAN ESTRATÉGICO DGAC, 2011-2015 (Pág. 4) menciona que: “El reto de volar, idea que en el pasado la iniciaron varios soñadores; cuyas ideas muchas veces fueron tachadas de locura, a pesar de tener mucho criterio, conocimiento y sobre todo valor”.

Según el investigador cree que hoy por hoy la aviación en general mueve al mundo a través de la transportación aérea a diferentes destinos en el planeta.

La presente investigación con el tema “Modernización, implantación y puesta en marcha de sistemas de ayudas visuales luminosas para la Navegación Aérea en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi” tiene gran importancia en el transporte aéreo como instrumento para trasladar de un lugar a otro a pasajeros y/o carga, mediante la utilización de aeronaves desde y hacia el Aeropuerto Internacional Cotopaxi que al estar ubicado estratégicamente en el centro del país, contribuirá en el desarrollo productivo del Ecuador, la zona central y sobre todo el cantón Latacunga.

En la actualidad la Dirección de Aviación Civil ente regulador que mantiene el control técnico-operativo de la actividad aeronáutica nacional y que trabaja junto al Ministerio de Transporte y Obras Públicas, la Sub Secretaria de Transporte Aéreo y el Consejo Nacional de Aviación Civil; coordinando acciones a favor de la nueva era aeronáutica del país, por lo que dentro de la ejecución del Plan Nacional de Modernización de los Sistemas Aeroportuarios consta el Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

Como se puede constatar con la rehabilitación de la pista de 3800 x 45 metros, plataforma de pavimento flexible y rígido de 300 x 80 metros, moderna estructura del edificio terminal con capacidad de 1.000.000 pasajeros al año, terminal de carga de 60 x 60 metros, edificios de servicio contra incendios y Bloque Técnico, renovación de los sistemas de radio ayudas, radares, telecomunicaciones y no podía hacerse a un lado la modernización de los sistemas de ayudas visuales para

la navegación aérea que es el tema de investigación y que tiene la finalidad de realizar un análisis de cómo se mantendrá y mejorará la seguridad operacional en vuelo y tierra.

En la parte profesional dentro de la Carrera de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, especialidad de Ingeniería Eléctrica orientada al sector eléctrico para contribuir al desarrollo de una nación y del mundo; permitirá al investigador mediante conocimientos adquiridos, asesoramiento, experiencia, herramientas necesarias para poder realizar el análisis y la propuesta en mención.

Al concluir la investigación y posterior la ejecución del presente tema de tesis con la modernización de los equipos en sistemas de ayudas visuales para la navegación aérea, se puede comprobar en el campo su funcionalidad, operación, nivel de seguridad y calidad en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi con el cumplimiento de normativas y estándares de seguridad Internacionales.

La distribución de los diversos temas y estructura general de los capítulos la describo a continuación.

En el capítulo I, contempla el desarrollo del marco teórico, partes de un aeródromo, fundamentación técnica de sistemas de ayudas visuales luminosas, descripción de fórmulas eléctricas básicas así como definiciones de términos básicos en el campo aeronáutico.

En el capítulo II, se realiza el análisis e interpretación de resultados de las entrevistas realizadas a los pilotos que están involucrados de manera directa con el uso de los sistemas luminosos para la navegación aérea, análisis de datos estadísticos de las operaciones aéreas por año y verificar el cumplimiento de la Normativa Ecuatoriana Aeródromo 14 en cuanto a la iluminación de la plataforma. Con los resultados obtenidos se analizan e interpretan en forma ordenada, con el apoyo de cuadros y gráficos con la finalidad de poder evaluarlos en forma porcentual. Con la verificación de la hipótesis se culmina el capítulo

En el capítulo III, se describe la estructura de la propuesta, la factibilidad técnica, propuesta de modernización, como están actualmente los sistemas y el justificativo técnico para la selección de los diferentes equipos.

# CAPÍTULO I

## FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### **1.1. Modernización de sistemas de ayudas visuales para Navegación Aérea**

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas a través de su página electrónica dice: “El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas, con una inversión de 36’458.411,72 dólares realizó la rehabilitación integral del Aeropuerto Internacional Cotopaxi de Latacunga, a fin de impulsar el desarrollo productivo, turístico y comercial de la región centro del país. La obra inició en enero del 2009.

Luego de un análisis profundo y objetivo, determinan las autoridades competentes que el sector aeronáutico ecuatoriano presentaba un abandono de más de 20 años, período durante el cual las inversiones eran mínimas pues no era considerada como un puntal del desarrollo para el Ecuador.”

El investigador considera al respecto que el Estado realiza una investigación global del problema de abandono en el sector aeronáutico, determinándose, entonces que se debe realizar la respectiva inversión económica para conseguir una rehabilitación integral, el mismo incluye el mejoramiento, inclusión y/o desarrollo de todos los ejes que conforman la aviación civil ecuatoriana y su interrelación mundial.

El tema de investigación propuesto es auténtico y original, ya que se realiza específicamente en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi, con la finalidad de profundizar el tema para estructurarlo con claridad y formalidad.

Modernizar e implantar un sistema de Ayudas Visuales luminosas para la Navegación Aérea en el Aeropuerto Internacional “Cotopaxi”, significa renovar los sistemas y equipos de iluminación de pista que por más de doce años ha estado funcionando, para lo cual se utiliza equipos de última tecnología y se consigue principalmente mejorar la eficiencia lumínica en luces de pista, que servirá de guía para el piloto en operaciones aéreas.

## **1.2. Balizaje luminoso en Sistemas de Iluminación**

Manual Balizaje luminoso ALPHA (2009) dice: “El balizaje luminoso es parte de las Ayudas Visuales siendo su función proporcionar apoyo visual, mediante balizas luminosas, al piloto de una aeronave para la aproximación, aterrizaje, despegue y movimientos en superficie en un aeropuerto, de manera segura y se requiere que las calles de rodaje y las pistas de aterrizaje se enciendan en todo momento y en cualquier situación”.

Considero se debe destacar, que cada despegue y/o aterrizaje de una aeronave en un aeropuerto es una misión crítica y requiere que la iluminación de las pistas mantenga la seguridad de las operaciones en cualquier situación, por lo cual se debe realizar un adecuado balizamiento siguiendo las recomendaciones de la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14).

Se pueden distinguir según la norma OACI:

- Luces de baja intensidad (BI) entre 2 y 100 cd.
- Luces de media intensidad (MI) entre 100 y 2500 cd
- y luces de alta intensidad (HI) entre 2500 y 20 000 cd.

De manera general, se utilizará las luces de BI para balizar una pista únicamente durante la noche. Las luces HI se prenderán el día o la noche y/o por malas condiciones atmosféricas de poca visibilidad, pero ellas requieren de intensidad más fuerte en el día para que sean observadas con claridad, por lo que luces de MI y HI utilizarán reguladores de corriente constante.

Es decir que esta diferencia HI/BI no es absoluta y el flujo HI debe ser regulable para ajustar sistemáticamente su intensidad para procedimiento de aproximación.

La cromaticidad de las luces aeronáuticas de superficie son las siguientes: rojo, amarillo, verde, azul y blanco.

### **1.3. Partes de un aeródromo.**

Para el estudio de los sistemas de iluminación, es necesario conocer las partes de un aeródromo que se menciona en este capítulo como definición de términos básicos, consultados de la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009)

La pista al ser una área utilizada para el aterrizaje y despegue de las aeronaves, en la misma se encuentra, el umbral, que es un área señalizada que indica el inicio y el final de la pista; la zona de toma de contacto, que es una área en la cual hacen contacto por primera vez las llantas de las aeronaves que realizan aterrizajes visuales.

El borde de pista, es el área que se extiende longitudinalmente a lo largo de la pista y la separa de los márgenes, protege a los motores de las aeronaves de materiales expuestos como piedras, polvo, etc., en el aeropuerto de estudio se tiene 3 metros de borde de pista.

La plataforma de un aeródromo terrestre está destinada a dar cabida a las aeronaves para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga, abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.

Las calles de rodaje son vías definidas en un aeródromo terrestre, establecidas para el rodaje de aeronaves y proporcionan enlace entre una y otra parte del aeródromo.

El investigador concuerda que en conjunto todas las partes de un aeródromo, incluidas las ayudas visuales luminosas y no luminosas sirven de guía al piloto, tienen gran importancia para que las operaciones aéreas se cumplan con los más altos índices de seguridad operacional, ya sea en el despegue, aterrizaje,

reabastecimiento de combustible, embarque y/o desembarque de pasajeros, embarque y/o desembarque de carga, estacionamiento, etc.

#### **1.4. Sistemas de iluminación.**

Los sistemas de iluminación (FIGURA 1.1) que constan en el proyecto y forman parte de las ayudas visuales luminosas para la navegación aérea en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi son:

- Sistema de iluminación de aproximación.
- Sistema visual indicadores de pendiente de aproximación.
- Luces de borde de pista.
- Luces de umbral y extremo de pista.
- Luces de borde de calle de rodaje.
- Luces de plataforma.

En la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág.79) dice: “En el crepúsculo o cuando hay poca visibilidad, durante el día las luces pueden ser más eficientes que las señales. Para que las luces sean eficaces en tales condiciones o condiciones de mala visibilidad durante la noche, tiene que ser de intensidad adecuada.

A fin de obtener la intensidad necesaria, es preciso generalmente que la luz sea direccional, que sea visible dentro de un ángulo apropiado y que esté orientada de manera que satisfaga los requerimientos de operación, el sistema de iluminación de la pista debe considerarse en conjunto, para cerciorarse que las intensidades relativas de las luces están debidamente adaptadas para el mismo fin”.

En el Aeropuerto Internacional Cotopaxi el postulante manifiesta que se encuentra instalado un sistema de iluminación de gran intensidad, por lo que requiere de reguladores de corriente adecuados que permitan ajustar el brillo de las luces según las condiciones que prevalezcan.

Se dispone de una fuente secundaria de alimentación de energía, constituida por grupos electrógenos, los cuales se activan automáticamente nueve segundos

después de que la energía de la red se ha suspendido, mediante una transferencia automática, de esta forma se cumple con el estándar establecido por la OACI.

Existen básicamente dos tipos de luces que se utilizan en los sistemas de iluminación: Las luces elevadas y las luces empotradas.

Las luces elevadas se utilizan en partes de la pista, zonas de parada, calles de rodaje y plataforma, estas deben ser frangibles (deben romperse con facilidad para proteger de daños a las aeronaves, son luces omnidireccionales.

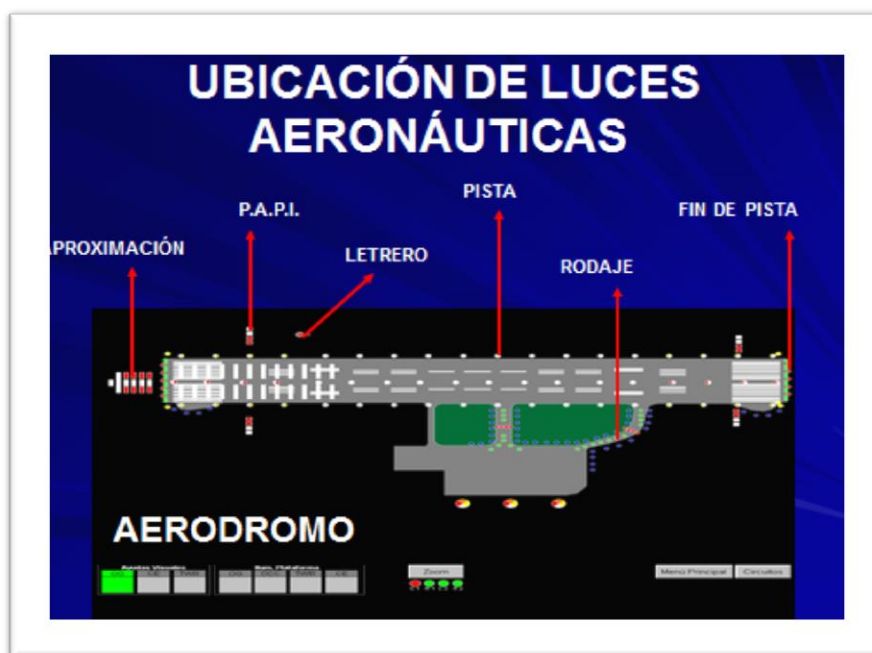
Las luces empotradas, se recomienda utilizar en partes de la pista, zonas de parada, inicio y final de pista, y umbrales, están diseñadas y dispuestas de manera que soporten el peso de las ruedas de una aeronave sin que se produzcan daños a la misma ni a las luces. Estas luces son bidireccionales, es decir, pueden iluminar en dos direcciones con diferentes colores.

El circuito instalado en la pista es poco típico, considerando la longitud de la pista y la cantidad de luces requeridas, el estándar OACI establece que se instalen circuitos dobles, es decir, todas las luces están instaladas en el circuito principal o en el circuito secundario que se encuentran alternadamente en toda la pista, de esta forma se asegura que por lo menos uno de los circuitos funcione en caso de una falla eléctrica.

Además todas las luces están instaladas en serie a través de transformadores de aislamiento, de modo que la corriente que proveen los reguladores para la alimentación es pequeña, máximo de 6.6 amperios y por otro lado se auto programa la corriente de alimentación de acuerdo al número de elementos instalados.

Los reguladores de corriente constante (RCC), controlan cinco niveles de intensidad de la iluminación o brillos y además tienen varias funciones automáticas como control local y a distancia.

**FIGURA 1.1. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE UN AERÓDROMO**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

#### ***1.4.1. Sistema de iluminación de aproximación.***

En la Normativa ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág. 82, 83, 84, 85, 86,87) dice:

“a) PISTA DE VUELO VISUAL.- Cuando sea materialmente posible, debería instalarse un sistema sencillo de iluminación de aproximación, para servir a una pista de vuelo visual y destinado a ser utilizada en la noche, salvo el caso cuando la pista se utilice en condiciones de buena visibilidad y se proporcione guía suficiente por medio de otras ayudas visuales.

Nota.- También pueden instalarse un sistema sencillo de iluminación de aproximación para proporcionar guía visual durante el día.

b) PISTAS DE APROXIMACIÓN QUE NO SON DE PRECISIÓN.- Cuando sea materialmente posible, se instalará un sistema sencillo de aproximación, para servir a una pista que no son de precisión, salvo cuando la pista se utilice solamente en condiciones de buena visibilidad y se proporcione guía suficiente por medio de otras ayudas visuales.

- c) PISTA PARA APROXIMACIONES DE PRECISIÓN DE CATEGORÍA I.- Cuando sea materialmente posible, en una pista para aproximación de precisión de Categoría I se instalará un sistema de aproximación de precisión de Categoría I.
- d) PISTA DE APROXIMACIONES DE PRECISIÓN DE CATEGORÍA II O III.- En una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, se instalará un sistema de aproximación de precisión de las Categorías II y III”.

El sistema de aproximación dependerá según el postulante, en gran medida de la categoría de los Aeropuertos y sobre todo de los sistemas de ayudas no visuales para la navegación aérea. El Aeropuerto tiene categoría I para sistemas de aproximación instrumental, entonces el sistema de iluminación de aproximación sencillo existente en el aeropuerto se reemplaza por uno de categoría I, esta mejora se consigue durante la elaboración de la presente tesis.

#### ***1.1.4.1. Sistema sencillo de iluminación de aproximación***

En la Normativa Ecuatoriana, Aeródromos 14, 2009 (Pág. 83) dice: “Consistirá en una fila de luces, situadas en la prolongación del eje de pista, que se extienda, siempre que sea posible, hasta una distancia no menor de 420 metros desde el umbral, con una fila de luces que formen una barra transversal de 18 a 30 metros de longitud a una distancia de 300 metros del umbral.

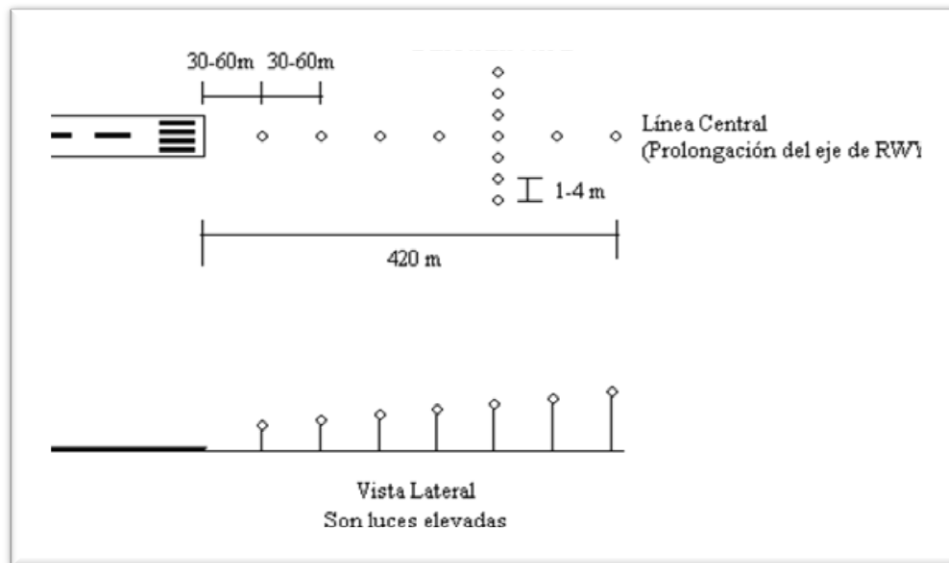
Las luces que formen la barra transversal estarán siempre que sea posible, en una línea recta horizontal, perpendicular a la fila de luces de la línea central y bisecada por ella.

Las luces de la barra transversal estarán espaciadas de forma que produzcan un efecto lineal. Normalmente se utilizan espaciados de 1 a 4 m en las luces de barra transversal.

Las luces que forman la línea central se colocarán a intervalos longitudinales de 60 m, salvo cuando se estime conveniente mejorar la guía proporcionada, en cuyo caso podrán colocarse a intervalos de 30 m. La luz situada más próxima a la pista se instalará ya sea a 60 m o 30 m del umbral según el intervalo longitudinal seleccionado para la luces de línea central.”

El investigador al respecto opina que las luces de aproximación (FIGURA 1.2) sirven como ayuda luminosa para definir el eje de la pista, ubicación respecto a la cabecera o inicio de la pista, mismo que está situado en las cercanías de la cabecera, proporcionando una guía de ruta hacia la pista, durante el aterrizaje en condiciones de baja visibilidad o nocturnas.

**FIGURA 1.2. SISTEMA SENCILLO DE ILUMINACIÓN**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

#### **2.1.4.1. Sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categoría I**

La Normativa Ecuatoriana, Aeródromos 14, 2009 (Pág. 84, 85) dice: “Consistirá en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de pista, extendiéndose donde sea posible, hasta una distancia de 900 m a partir del umbral, con una fila de luces que formen una barra transversal de 30 m de longitud, a una distancia de 300 m del umbral de la pista.

Las luces que formen la barra transversal seguirán, siempre que sea posible, una líneas recta horizontal, perpendicular a la fila de luces de la línea central y bisecada por ella. Las luces de barra transversal estarán espaciadas de forma que produzcan un efecto lineal, pero pueden dejarse espacios vacíos a cada lado de la línea central. Estos espacios vacíos se mantendrán reducidos al mínimo necesario para satisfacer las necesidades locales y cada uno de ellos no excederá de 6 m.

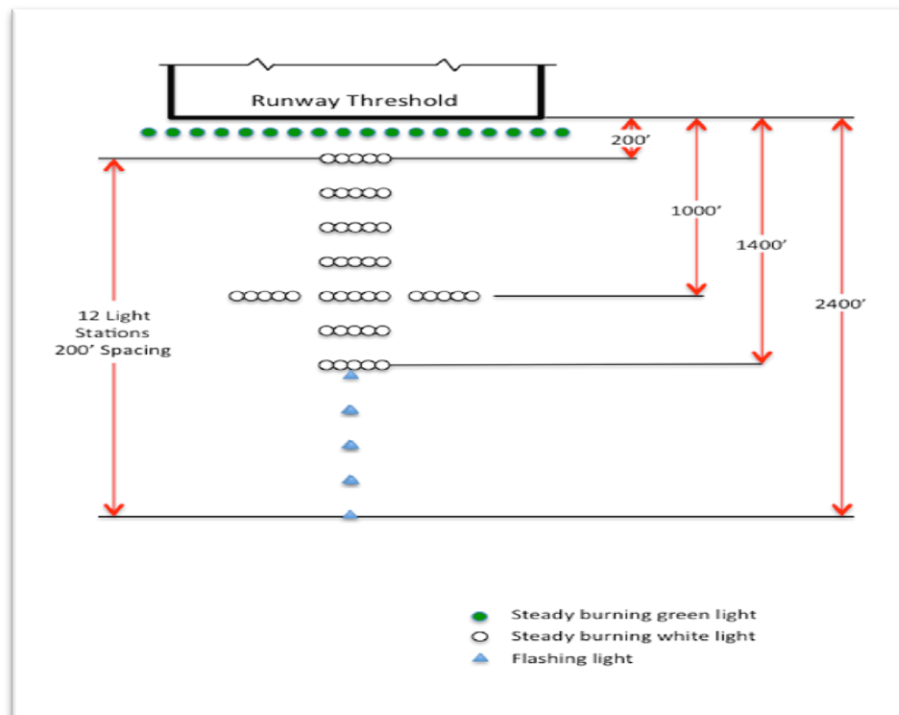
Las luces de barra central y transversal de un sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categoría I serán luces fijas de color blanco y variable. Cada una de ellas debería suplementarse con una luz de descarga de condensador, excepto cuando se considere que tales luces son innecesarias, teniendo en cuenta las características del sistema y la naturaleza de las condiciones meteorológicas.

Cada una de las luces del condensador emitirá dos destellos por segundo, comenzando por la luz más alejada del sistema y continuando en sucesión en dirección del umbral hasta la última luz. El circuito eléctrico se concebirá de forma que estas luces puedan hacerse funcionar independientemente de las demás luces del sistema de iluminación de aproximación”.

Se puede determinar que para un sistema de iluminación categoría I (FIGURA 1.3) se cuenta con mayor cantidad de luces e incrementa la distancia recomendada a 900 metros del umbral, podrán indicar la dirección mediante luces de destellos.

**FIGURA 1.3. SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE APROXIMACIÓN DE PRECISIÓN DE CATEGORÍA I**

**FUENTE: NORMATIVA ECUA**



**TORIANA AERÓDROMOS 14  
AUTOR: POSTULANTE**

**3.1.4.1. Sistema de iluminación de aproximación de precisión de Categorías II y III**

La Normativa Ecuatoriana, Aeródromos 14, 2009 (Pág. 86) dice: “Cuando se instale, el sistema de iluminación de la aproximación consistirá en una fila de luces situadas en la prolongación del eje de la pista, extendiéndose, donde sea posible, hasta una distancia de 900 m a partir del umbral de la pista. El sistema tendrá dos filas laterales de luces, que se extenderán hasta 270 m a partir del umbral, y dos barras transversales, una distancia a 150 m y la otra a 300 m del umbral”

Como se muestra la (FIGURA 1.4), las filas consistirán en barretas de color rojo, determinándose que mientras se incremental un sistema de luces que ayuden a mejorar la visibilidad al piloto en maniobras de descenso, se incrementa también la categoría en el sistema de iluminación para aproximación.

**FIGURA 1.4. SISTEMA SENCILLO DE ILUMINACIÓN**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

### ***1.4.2. Sistema visual indicador pendiente de aproximación (PAPI)***

En la Normativa Ecuatoriana, Aeródromos 14, 2009 (Pág. 90, 91) dice: “Se instalará un sistema visual de pendiente de aproximación para facilitar la aproximación a una pista, que cuente o no con otras ayudas para la aproximación, visuales o no visuales, cuando exista una o más de las condiciones siguientes:

- a) La pista sea utilizada por turboreactores u otros aviones con exigencias similares en cuanto a guía para la aproximación;
- b) El piloto de cualquier tipo de avión pueda tener dificultades para evaluar la aproximación por una de las razones siguientes:
  - Orientación visual insuficiente, por ejemplo, en una aproximación de día sobre agua o terrenos desprovistos de puntos de referencias visuales o durante la noche, por falta de luces no aeronáuticas en el área de aproximación, o
  - Información visual equivocada, debido por ejemplo, a la configuración del terreno adyacente o a la pendiente de la pista;
- c) La presencia de objetos en el área de aproximación pueda constituir un peligro grave si un avión desciende por debajo de la trayectoria normal de aproximación, especialmente si no se cuenta con una ayuda no visual u otras ayudas visuales que adviertan la existencia de tales objetos;
- d) Las características físicas del terreno en cada extremo de la pista constituyan un peligro grave en el caso en que un avión efectúe un aterrizaje demasiado corto o demasiado largo, y;
- e) Las condiciones del terreno o las condiciones meteorológicas predominantes sean tales que el avión pueda estar sujeto a turbulencia anormal durante la aproximación.

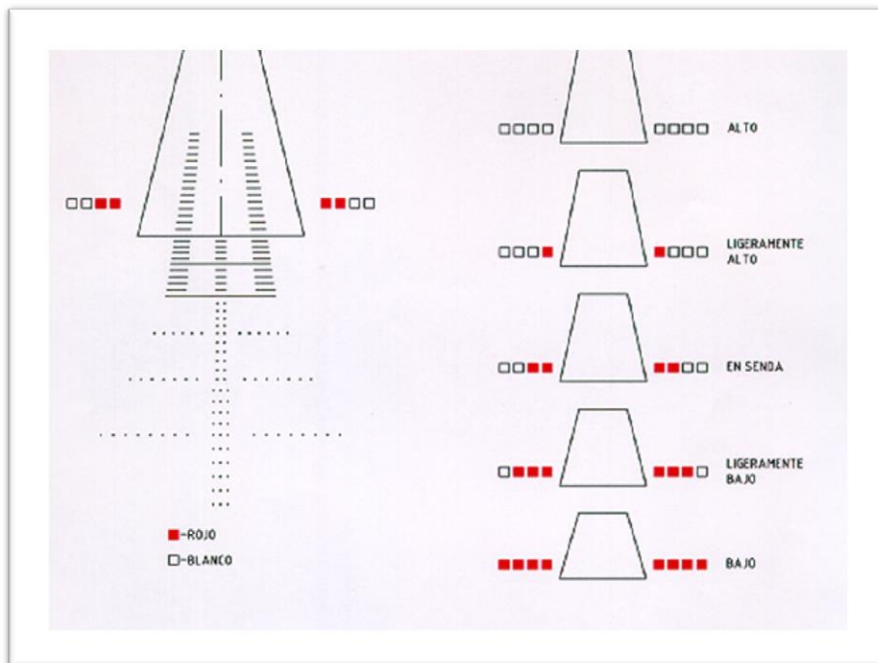
El sistema PAPI constituirá en una barra de ala con cuatro elementos de lámparas múltiples (o sencillas por pares) de transición definida situados a intervalos iguales. El sistema se colocará al lado izquierdo de la pista, a menos que sea materialmente imposible.

La barra de ala de un PAPI estará construida y dispuesta de manera que el piloto que realiza la aproximación:

- a) Vea rojas las dos luces más cercanas a la pista y blancas las dos más alejadas, cuando se encuentre en la pendiente de aproximación o cerca de ellas;
- b) Vea roja la luz más cercana a la pista y blanca las tres más alejadas, cuando se encuentre por encima de la pendiente de aproximación, y blancas todas las luces en posición todavía más elevada; y
- c) Vea rojas las tres luces más cercanas a la pista y blanca la más alejada, cuando se encuentre por debajo de la pendiente de aproximación, y rojas todas las luces en posición todavía más bajas”.

Al respecto el postulante opina que el sistema PAPI (FIGURA 1.5), tiene importancia tanto en operaciones de descenso nocturnas como en el día, por lo que deberá siempre permanecer encendidas. El piloto deberá observar dos luces rojas y dos luces blancas cuando se encuentre en el cono de aproximación correcto. El ángulo de descenso y en concordancia con el sistema de ayudas instrumentales para el sistema PAPI es de un promedio de 3.2 grados, mismo que son homologados por la avioneta laboratorio de la DGAC.

**FIGURA 1.5. SISTEMA PAPI**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

### ***1.4.3. Luces de borde de pista***

En la Normativa Ecuatoriana (Anexo 14, 2009 pág. 98, 99) dice: “Se instalarán luces de borde de pista en una pista destinada a uso nocturno, o en una pista para aproximaciones de precisión destinada a uso diurno o nocturno.

Las luces de borde de pista se emplazarán a todo lo largo de esta, en dos filas paralelas y equidistantes del eje de la pista.

Las luces de borde de pistas se emplazarán a lo largo de los bordes del área destinada a servir de pista, o al exterior de dicha área a una distancia que no exceda de 3 m.

Las luces estarán espaciadas uniformemente en filas, a intervalos no mayores de 60 m en una pista de vuelo por instrumentos, y a intervalos no mayores de 100 m en una pista de vuelo visual.

Las luces de borde de pista serán fijas y de color blanco variable, excepto que:

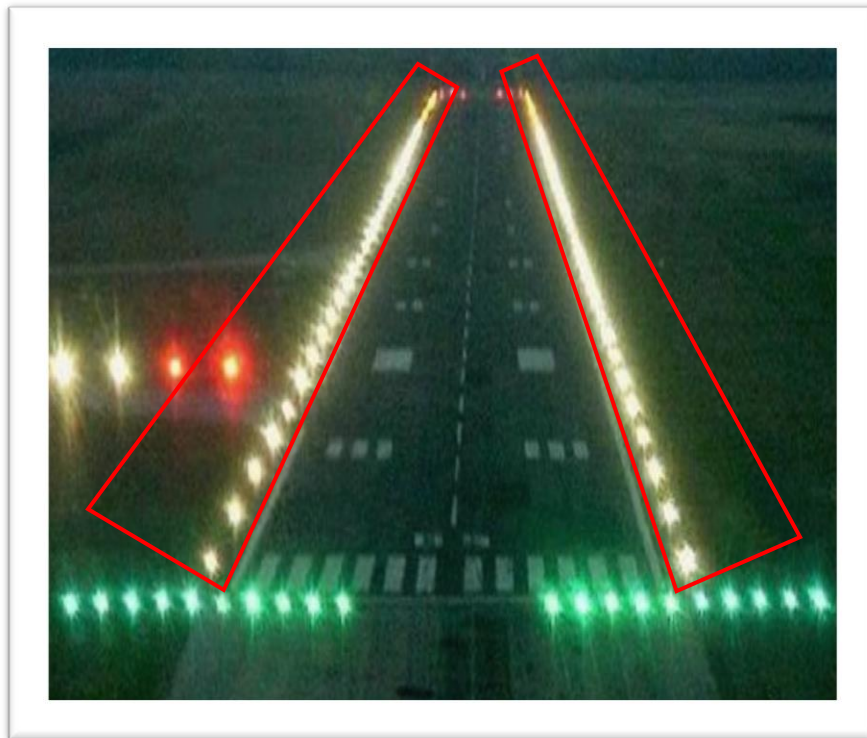
- a) En caso de que el umbral esté desplazado, las luces entre el comienzo de la pista y el umbral desplazado serán de color rojo en la dirección de aproximación; y
- b) En el extremo de la pista, opuesto al destino del despegue, las luces pueden ser de color amarillo en una distancia de 600 m o en el tercio de la pista, si esta longitud es menor.

Las luces de borde de la pista serán visibles desde todos los ángulos de azimut, la intensidad será de 50 cd por lo menos, puede reducirse hasta un mínimo de 25 cd, con el fin de evitar el deslumbramiento de los pilotos.”

El postulante manifiesta que las luces de borde pista (FIGURA 1.6) permiten divisar al piloto los límites laterales de la pista y la ve en proyección rectangular con luces de color blanca y amarillo, en el inicio y final de pista será amarilla.

En el Aeropuerto Internacional Cotopaxi, están instaladas las luces de borde de pista a una distancia de 50 m. entre ellas, cumpliendo las recomendaciones OACI, son de color blanco o claras y en los últimos 600 m en los extremos de pista son de color amarillas, dispuestas en cada lámpara un pozo de revisión eléctrica, que facilita la instalación, inspección y labores de mantenimiento.

**FIGURA 1.6. LUCES BORDE DE PISTA**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

#### ***1.4.4. Luces de umbral de pistas y de barra de ala***

En la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág. 99, 100) dice: “Se instalará luces de umbral de pista en una pista equipada con luces de borde de pista.

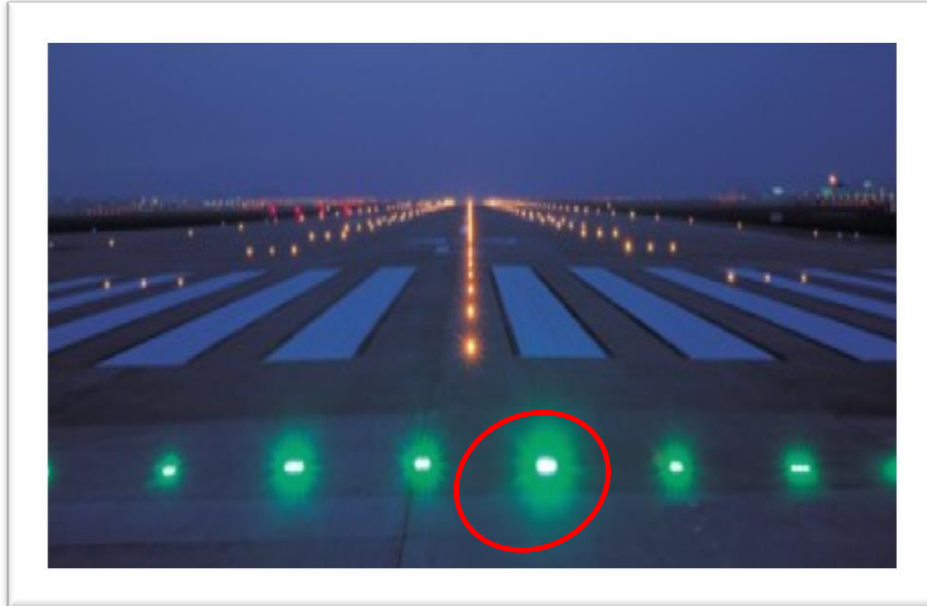
Cuando un umbral esté en el extremo de una pista, las luces del umbral estarán emplazadas en una fila perpendicular al eje de la pista, tan cerca del extremo de la pista como sea posible y en ningún caso a más de 3 m al exterior del mismo.

Cuando un umbral esté desplazado del extremo de una pista, las luces de umbral estarán emplazadas en una fila perpendicular al eje de la pista, coincidiendo con el umbral desplazado y situadas a los dos extremos de la pista en conjuntos de cinco lámparas, en este caso las luces se denominan barras de ala.

Las luces de umbral comprenderán, en una pista de vuelo visual o en una pista para aproximaciones que no son de precisión, seis luces por lo menos.”

El postulante indica que en la pista del aeropuerto en la cabecera 19 (norte), se tiene seis luces y el umbral se encuentra desplazado a 420 m, esto debido a los obstáculos (montañas) que existe en el sector (FIGURA 1.7).

**FIGURA 1.7. LUCES UMBRAL DE PISTA**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

#### ***1.4.5. Luces de extremo de pista***

En la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág. 101) dice: “Se emplazarán en una línea perpendicular al eje de la pista, tan cerca del extremo como sea posible y en ningún caso a más de 3 m al exterior del mismo. La iluminación del extremo de pista debería consistir en seis luces por lo menos, espaciadas uniformemente.

Serán luces fijas unidireccionales de color rojo, visibles en la dirección de la pista y su intensidad y abertura de haz serán las adecuadas para las condiciones de visibilidad”

El postulante indica que estas luces de extremo de pista indican el fin de pista por lo que serán de color rojo para alertar peligro, en el aeropuerto están instaladas seis luces de extremo de pista elevadas.

### **1.4.6. Luces de borde de calle de rodaje**

En la Normativa Ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág. 112) dice: “Se instalarán luces de borde de calle de rodaje en apartaderos de espera, plataformas, etc.; que hayan de usarse de noche.

Las luces de borde de las calles de rodaje deberán disponerse con un espacio de longitudinal uniforme que no exceda de 60 m.

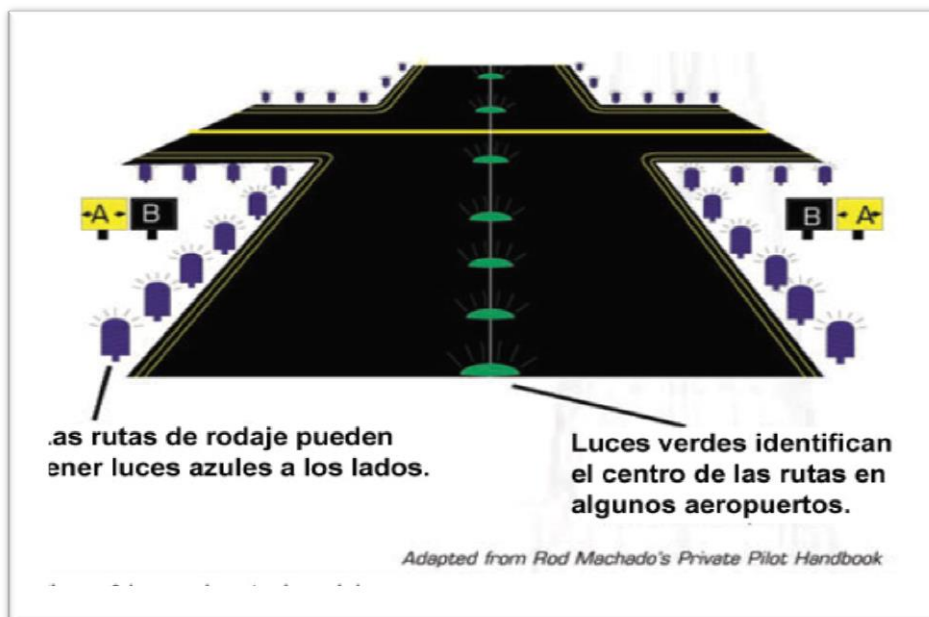
En las curvas, las luces deberían estar espaciadas a intervalos inferiores a 60 m a fin de que proporcionen una clara indicación de la curva.

Las luces deberían estar instaladas tan cerca como sea posible de los bordes de la calle de rodaje, apartadero de espera, plataforma o pista, etc., o al exterior de dichos bordes a una distancia no superior a 3 m.

Las luces de borde de calle de rodaje serán luces fijas de color azul, serán visibles desde todos los ángulos de azimut necesarios para proporcionar de guía a los pilotos que circulen en cualquiera de los sentidos.”

El postulante manifiesta que las luces de calle de rodaje o de taxi way son de color azul (FIGURA 1.8) y conectan la pista con la plataforma, en el aeropuerto se implantó tipo LED que cuentan con la certificación correspondiente.

**FIGURA 1.8. UBICACIÓN LUCES CALLE DE RODAJE**



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

### ***1.4.7. Iluminación de plataforma con proyectores***

La Normativa ecuatoriana (Aeródromos 14, 2009 pág. 118, 119) dice: “Deberá suministrarse iluminación con proyectores en las plataformas, en las instalaciones de deshielo/antihielo y en los puestos designados para estacionamiento aislado de aeronaves, destinados a utilizarse por la noche, deberán emplazarse de modo que suministren una iluminación adecuada en todas las áreas de servicio de plataforma, con un mínimo de deslumbramiento para los pilotos de aeronaves en vuelo y en tierra.

La iluminación media debería ser por lo menos la siguiente:

Puesto de estacionamiento de aeronave:

- Iluminación horizontal – 20 lux con una relación de uniformidad (media a mínima) no superior de 4:1; e
- Iluminación vertical – 20 lux a una altura de dos metros sobre la plataforma, en las direcciones pertinentes.

Otras áreas de plataforma.

- Iluminación horizontal – 50 % de la iluminación media en los puestos de estacionamiento de aeronaves, con una relación de uniformidad (media a mínima) no superior de 4:1”.

El postulante concuerda en la importancia de alumbrar en forma general la zona de plataforma para el desarrollo de las actividades que se realizan en estas áreas, con seguridad y eficacia tales como el embarque y desembarque de pasajeros, correo y carga, así como otros servicios esenciales que se prestan a las aeronaves, como labores propias de mantenimiento, abastecimiento de combustible o, finalmente, su estacionamiento.

## **1.5. Fotometría**

Del manual Balizaje luminoso ALPHA (2009): “La fotometría es la ciencia que se encarga de la medida de la luz, como el brillo percibido por el ojo humano, es

decir estudia la capacidad que tiene la radiación electromagnética de estimular el sistema visual”.

El postulante opina que la frecuencia de las medidas fotométricas en cuanto se refieren a las luces de pista está basada en la densidad de circulación de aeronaves, el nivel local de contaminación del ambiente, la confiabilidad del material de balizaje luminoso instalado, por lo que se debe evaluar las mediciones en el sitio al menos una vez por año para definir su degradación y llevar un registro de las medidas.

Hay que tener en cuenta que las características de las luces como la apertura del haz principal, la relación de intensidad máxima y mínima, la conformidad de las curvas isocandelas, material y el color son comprobadas en fábrica para el cumplimiento de certificación.

La intensidad luminosa de una luz instalada en el sitio puede ser evaluada, por una medida efectuada con un luxómetro portátil. El principio para realizar la medida es colocarse a una distancia de referencia que dependerá del tipo de luz (3 y 5 metros) que dependerá de las características del instrumento de medida y del ambiente luminoso.

Se recomienda efectuar estas medidas por las noches para evitar interferencia de la luz del sol y condiciones meteorológicas y sobre pista seca a fin de no encontrar fenómenos de reflexión de luz que falsearían los resultados. Una luz será considerada fuera de servicio cuando la intensidad luminosa medida del haz principal es inferior al 50% del valor normado en el apéndice 2 del anexo 14 de la OACI.

El incumplimiento de esta exigencia implica un acción de mantenimiento correctivo en el plazo apropiado; limpieza y pulido de los cristales y lentes, o el cambio del cristal de la lámpara.

El objetivo de estas medidas fotométricas es permitir la implantación de acciones de mantenimiento preventivo adaptadas en términos de frecuencia.

## **1.6. Cálculos eléctricos y equipamiento requerido**

En cualquier instalación eléctrica, los elementos que conducen la corriente eléctrica de las fuentes a las cargas o que interconectan los elementos de control, son los conductores eléctricos.

Los interruptores son por lo general de tipo electromagnético, con operación manual y disparo automático.

El contactor es un elemento electromagnético que tiene como objetivo establecer o interrumpir el paso de la corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina.

### ***1.6.1. Dimensionamiento de conductores eléctricos***

Para la selección de un conductor se debe tener en cuenta las consideraciones eléctricas, térmicas, mecánicas y químicas. Las principales características de cada una de ellas se pueden resumir de la siguiente forma:

Consideraciones eléctricas: tamaño (capacidad de corriente), tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media o alta), resistencia de aislación, factor de potencia.

Consideraciones técnicas: Compatibilidad con el ambiente, dilatación de la aislación, resistencia térmica.

Consideraciones mecánicas: Flexibilidad, tipo de chaqueta exterior, armado, resistencia impacto, abrasión, contaminación.

Consideraciones químicas: aceites, llamas, ozono, luz solar, ácidos

La selección del calibre o tamaño del conductor requerido para una aplicación, se determina mediante:

- Corriente requerida por la carga
- Caída de tensión admisible
- Corrientes de cortocircuito

La verificación del tamaño o sección transversal del conductor se puede efectuar mediante los siguientes criterios:

Capacidad de corriente: se deben considerar las características de la carga, efectos térmicos, calentamiento, pérdidas por inducción magnética. Cuando la selección del tamaño del cable se hace en base a este criterio, se recurre a tablas normalizadas (TABLA 1.1) donde para distintos valores de corriente se especifica la sección mínima del conductor a emplear.

Para encontrar el conductor apropiado se debe calcular la corriente a plena carga, agregarse un factor de seguridad de 25 % a la corriente total y elegir el calibre del conductor de acuerdo las tablas de capacidad de conducción de corriente

$$I = 1.25 * I_N \quad (1)$$

Dónde:

$I$  = Corriente para selección del conductor

$I_N$  = Corriente nominal

Para cargas resistivas se tiene la siguiente fórmula:

$$P_N = V_N * I_N \quad (2)$$

Dónde:

$P_N$  = Potencia nominal

$V_N$  = Voltaje nominal

**TABLA 1.1. CAPACIDAD DE CORRIENTE CONDUCTORES DE CU**

Calibre A.W.G	Diámetro mm	Sección mm <sup>2</sup>	Intensidad en amperios			
			Aire libre		3 conductores en tubo	
			TW	desnudo	TW	asbesto
0000	11.58	107.20	300	370	195	340
000	10.38	85.00	260	320	165	285
00	9.36	67.42	225	275	145	250
0	8.25	53.48	195	235	125	225
2	6.54	33.62	140	175	95	165
4	5.18	21.15	105	130	70	120
6	4.11	13.29	80	100	55	95
8	3.26	8.32	55	70	40	70
10	2.59	5.29	40	55	30	55
12	2.05	3.29	25	40	20	40
14	1.62	2.08	20	30	15	30
16	1.29	1.29	12	16	8	16
18	1.02	0.85	8	12	6	12

**FUENTE: GESI ESPAÑOLA (CURSO)  
AUTOR: POSTULANTE**

Caída de tensión permisible: se considera la sección que permita una caída de tensión inferior al 3% en el alimentador respecto a la tensión nominal, y que no supere al 5% en la carga más alejada. Este criterio es aplicable en baja tensión.

Caída de tensión de un conductor eléctrico, llamamos a la diferencia de potencial que existe entre los extremos del mismo, implica la resistencia del paso de la corriente por el mismo. En la práctica para instalaciones de baja tensión tanto interiores como de enlace, es admisible despreciar el efecto piel y el efecto de proximidad, tanto en monofásico como en trifásico.

Cálculo:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot V} \quad (3)$$

Dónde:

$S$  = Sección conductor en mm<sup>2</sup>

$P$  = Potencia

$L$  = Longitud de la línea en metros

$\gamma$  = Conductividad del conductor (48 a 70°C) Cu (Tabla 1.2)

$e$  = Caída de tensión en voltios

$V$  = Voltaje de la red

**TABLA 1.2. CONDUCTIVIDAD A DISTINTAS TEMPERATURAS**

	20° C	30° C	40° C	50° C	60° C	70° C PVC	80° C	90° C XLPEPR
Cu	56	54	52	50	48	47	45	44
Al	35	34	32	31	30	29	28	27

FUENTE: GESI  
AUTOR: POSTULANTE

En base a la corriente de cortocircuito: bajo condiciones de cortocircuito, la temperatura del cable aumenta rápidamente, no debe sobrepasar la temperatura máxima admisible de corta duración (para menos de 5 segundos) asignada a los materiales utilizados para el aislamiento del cable.

Este criterio, aunque es determinante en instalaciones de media y alta tensión no lo es en instalaciones de baja tensión ya que por una parte las protecciones de sobreintensidad limitan la duración del cortocircuito a tiempos muy breves.

### ***1.6.2. Cálculo de la potencia del regulador de intensidad constante***

Cada circuito está asociado a un regulador de corriente cuya potencia dependerá principalmente del número de lámparas conectadas.

Para el ejemplo se realizará el cálculo de la potencia de los regulador de Iluminación de pista, para el cálculo del resto de reguladores será bajo la misma consideración.

Potencia por consumo de las lámparas conectadas al circuito (PL):

$$PL = \sum_i Ni * pi \quad (4)$$

Dónde:

$Ni$ = Número de luminarias en el circuito con potencia nominal

$pi$ = Potencia nominal de la luminaria i (W)

Pérdidas en el cable del circuito secundario ( $Ps$ )

$$Ps = \sum_s Ls * ps \quad (5)$$

Dónde:

$L_s$  = Longitud del cable del circuito secundario, esto es, dos veces

$p_s$  = Pérdidas por Km en el cable secundario (W)

Pérdidas en los conectores ( $P_c$ )

Se estiman mediante un factor ( $K_c$ ) como un porcentaje de las potencias anteriores:

$$P_c = K_c * (P_L + P_s) \text{ con } K_c = 2\% \quad (6)$$

Pérdidas en el cable del circuito primario ( $P_p$ )

$$P_p = \sum_p L_p * p_p \quad (7)$$

Dónde:

$L_p$  = Longitud del cable del circuito primario, esto es, la longitud del circuito serie

$p_p$  = Pérdidas por Km en el cable primario (W)

$$\text{Las potencias de pérdidas ( } P_p) = I^2 * R_p \quad (8)$$

Dónde:

$I = 6.6$  amperios, corriente máxima de consumo

$R_p$  = resistencia del conductor ( $\frac{OHM}{Km}$ )

La resistencia máxima del conductor se obtiene de la TABLA 1.3.

**TABLA 1.3. RESISTENCIA MÁXIMA DE CONDUCTOR**

SECCIÓN mm <sup>2</sup>	ESPELOR AISLACIÓN mm	DIAMETRO E. APROX. mm	RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20° C. OHM/Km	PESO APROX. Kg./Km	CAPACIDAD DE CORRIENTE T° AMB. 30° C.		CORRIENTE DE CORTOCIRCUITO K AMP. 0,1 SEG.
					HASTA 3 CONDUCTORES EN DUCTOS	TENDIDOS LIBREMENTE AL AIRE	
1,5	0,6	2,70	11,9	18	15	24	0,5
2,5	0,7	3,30	7,14	29	20	32	0,9
4,0	0,8	4,00	4,47	45	25	42	1,4
6,0	0,8	4,50	2,97	64	33	54	2,1
10,0	1,0	5,80	1,77	107	45	73	3,6
16	1,0	7,20	1,15	171	61	98	5,8
25	1,2	9,00	0,727	262	83	129	9,1
35	1,2	10,00	0,524	370	103	158	11,7
50	1,4	12,10	0,387	530	132	198	18,2
70	1,4	13,70	0,268	720	165	245	25,5
95	1,6	16,00	0,193	980	197	292	34,5
120	1,6	17,50	0,153	1.200	235	344	43,7

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)

AUTOR: POSTULANTE

La potencia total requerida (P) será:

$$P = P_L + P_s + P_c + P_p \quad (9)$$

Teniendo en cuenta el rendimiento del regulador, la potencia del regulador ( $P_{CCR}$ ) será:

$$P_{RCC}(W) = \frac{P}{\eta_{CCR}} \quad (10)$$

Siendo:  $\eta_{CCR} = 0.9$

Y la potencia aparente del regulador será:

$$S_{CCR}(VA) = \frac{P_{CCR}}{fp_{CCR}} \quad (11)$$

Siendo:  $fp_{CCR} = 0.8$

## 1.7. Definiciones de Términos Básicos.

Los términos y expresiones indicadas a continuación que figuran en la Normativa Ecuatoriana, tiene el significado siguiente:

“**Aeródromo.** Área definida de tierra o de agua (que incluye todas las edificaciones, instalaciones y equipos) destinada total o parcialmente a la llegada, salida y movimiento en superficies de aeronaves.”

“**Aeronave.** Toda máquina que puede sustentarse en la atmósfera por reacciones del aire que no sean las reacciones del misino contra la superficie de la tierra.”

“**Aproximación final.-** Parte de un procedimiento de aproximación por instrumentos que se inicia en el punto o referencia de aproximación final determinado o, cuando no se haya determinado dicho punto o referencia.”

“**Área de maniobras.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, excluyendo las plataformas.”

“**Área de movimiento.** Parte del aeródromo que ha de utilizarse para el despegue, aterrizaje y rodaje de aeronaves, integrada por el área de maniobras y las plataformas”

“**Baliza.** Objeto expuesto sobre el nivel de terreno para indicar un obstáculo o trazar un límite”.

“**Calles de rodaje.-** Vía determinada en un aeródromo terrestre, establecida para el rodaje de aeronaves y destinada a proporcionar enlace entre una y otra parte del aeródromo (entre la pista, plataforma, estacionamiento de aeronaves, calles de salida rápida).”

“**Faro de aeródromo.** Faro aeronáutico utilizado para indicar la posición de un aeródromo desde el aire.

**Generador.-** Aparato que se utiliza para convertir la energía mecánica en eléctrica con medios electromagnéticos.

“**Luz Aeronáutica.-** Luz instalada dentro de un aeródromo o en sus proximidades destinada a la seguridad de las operaciones aéreas.”

“**Luz fija.** Luz que posee una intensidad luminosa constante cuando se observa desde un punto fijo.”

**MALRS.-** Sistema de luces de aproximación de intensidad media con luces indicadoras de alineación con la pista

“**Norma Internacional.-** Procedimiento cuya aplicación se considera obligatoria para la seguridad y regularidad de la navegación aérea.”

“**OACI.-** Organización de Aviación Civil Internacional, entidad internacional encargada de establecer y controlar el cumplimiento de normas internacionales de aviación civil.”

“**Objeto frangible.** Objeto de poca masa diseñado para quebrarse, deformarse o ceder al impacto, de manera que representen un peligro mínimo para las aeronaves”.

“**Obstáculo.-** Todo objeto fijo (tanto de carácter temporal como permanente) o móvil, o parte del mismo, que esté situado en un área destinada a los movimientos

de las aeronaves en tierra o que sobresalga de una superficie definida destinada a proteger a las aeronaves en vuelo.”

“**Pista (RWY).** Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y despegue de la aeronave.”

“**Plataforma.** Área definida en el aeródromo terrestre, destinada a dar cabida a las aeronaves, para los fines de embarque o desembarque de pasajeros, correo o carga abastecimiento de combustible, estacionamiento o mantenimiento.”

“**Puesto de estacionamiento de aeronave.-** Área designada en una plataforma, destinada al estacionamiento de una aeronave”.

**Regulador de corriente.** Dispositivo que permite la regulación de la cantidad de corriente que circula por un circuito eléctrico, mediante un sistema automático, un sistema manual y un módulo de programación.

“**Rodaje.** Movimiento autopropulsado de una aeronave sobre la superficie de un aeródromo, excluido el despegue y el aterrizaje pero, en el caso de helicópteros, incluido el movimiento sobre la superficie de un aeródromo, dentro de una banda de altura asociada.”

**Seguridad aérea.** Es la serie de precauciones que se toman para garantizar la seguridad de los pasajeros y la carga durante el vuelo.

**Simulación.** Recreación simulada de un proceso utilizando una computadora u ordenador.

“**Torre de control (TWR).** Dependencia establecida para facilitar el control de tránsito aéreo.”

**Transformador.-**Dispositivo eléctrico que consta de una bobina de cable situada junto a una o varias bobinas más y que se utiliza para unir dos o más circuitos de corriente alterna. (Encarta, 2004).

“**Umbral.** Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.

**“Vuelo IFR.** Vuelo efectuado de acuerdo a reglas de vuelo instrumental. Se lo realiza de acuerdo a las señales emitidas por la radio ayuda situadas en tierra.”.

**“Vuelo VFR.** Vuelo efectuado de acuerdo a reglas de vuelo visual.”

**“Vía de vehículos.** Un camino de superficie establecido en el área de movimientos destinados a ser utilizados exclusivamente por vehículos.”

**“Zona toma de contacto.** Parte de la pista, situada después del umbral, destinada a que los aviones que aterrizan hagan el primer contacto de la pista.”

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **2.1. Aeropuerto Internacional Cotopaxi (Breve reseña histórica)**

En el presente capítulo el postulante realiza una reseña histórica del Aeropuerto Internacional Cotopaxi. La misma que está llena de aspectos relevantes para el desarrollo socio-económico de la provincia y el País.

Previa donación del terreno por parte del Municipio de Latacunga, el 1 de abril de 1929 se coloca la primera piedra en el terminal aéreo, marcando el inicio para la construcción del Aeropuerto.

El 5 de enero de 1991, mediante Acuerdo Ministerial Nro. 006 el Aeropuerto de Latacunga es declarado “Aeropuerto Civil Militar” alterno al Internacional “Mariscal Sucre” de la ciudad de Quito. Al mando de la Dirección General de Aviación Civil el latacungueño General Hernán Quiroz se declara al aeropuerto de Latacunga como “Aeropuerto Internacional de Carga y Altero de Pasajeros del Mariscal Sucre de Quito. Se inician los trabajos el 15 de abril de 1994, se abren las puertas como tal el 9 de noviembre del mismo año.

Se descongestionan las operaciones del Aeropuerto Mariscal Sucre de Quito. El mismo que produce gran impacto socio-económico importante, contribuyendo positivamente en la actividad del aparato productivo de la provincia. Impulsa la producción agropecuaria, agroindustrial y principalmente el turismo. Sirve también para el intercambio cultural, que consolidan los lazos de amistad y convivencia internacional.

## **2.2. Situación actual de la infraestructura del Aeropuerto Internacional Cotopaxi**

En la página electrónica el Ministerio de Transporte menciona que la rehabilitación integral ha permitido mejorar toda la infraestructura.

- Ampliación de los espaldones de la pista activa de 7.5 metros a cada lado, para la protección de los motores de las aeronaves de aviación mayor, que operan normalmente en este terminal.
- Ampliación de la plataforma de 42.000 a 45.000 metros cuadrados, lo que permitirá incrementar la demanda de parqueo de aeronaves en posición nose-in (Nariz adelante).
- Construcción de una calle de rodaje adicional para un rápido desfogue de aeronaves desde la pista, para facilitar el tránsito de las mismas en el aérea de movimiento.
- Construcción de una nueva terminal aérea, que tiene la capacidad para 700 pasajeros y posee dos mangas; lo que permite realizar vuelos internacionales, a diferencia del terminal anterior que era solo para 150.
- El moderno terminal cuenta con un sistema computarizado INMÓTICO, lo que permite controlar automáticamente los sistemas de accesos: audio, video, incendios, iluminación y seguridades.
- Construcción de un bloque técnico que permitirá disponer de espacios adecuados para el personal técnico y la atención a las tripulaciones de vuelo, donde se facilitará todo el apoyo aeronáutico en tierra.
- Construcción de un nuevo hangar del Servicio contra Incendios, para cumplir ágilmente con los tiempos de respuesta en caso de producirse una emergencia aérea.

- Construcción de un hangar de 3.600 metros cuadrados adecuado para cámaras frías y carga seca, que facilitará la expansión del servicio aéreo de carga, del cual se espera una demanda continua y rentable.
- Construcción de vías de acceso para pasajeros y carga con un área adecuada para handling y 96 puestos de parqueo vehicular para los usuarios internos y externos del aeropuerto.
- En cuanto a los sistemas de radio ayuda actualmente se encuentra con un DVOR-DME (radiofaro omnidireccional VHF y Equipo medidor de distancia) que permite realizar vuelos instrumentales diurnos y nocturnos, operaciones bajo malas condiciones meteorológicas apoyadas en el sistema ILS (Sistema de aterrizaje por instrumentos).
- En la Torre de control existe un radar de multilateración (sirve para realizar las aproximaciones de las aeronaves).

Para que la rehabilitación del aeropuerto sea integral se debe incluir el sistema de ayudas visuales para la navegación. Que es el motivo de investigación de la presente tesis.

### **2.3. Aplicación de las técnicas de investigación.**

La tesis se realiza mediante las técnicas de investigación: de campo, aplicada, bibliográfica/documental. Estas emplean los métodos: científico, analítico, inductivo, deductivo, aliado de la técnica de recopilación de información como es la entrevista; esta última se fundamenta en la investigación y se aplica a los pilotos de las aeronaves que son los usuarios de este aeropuerto para obtener información relevante.

#### ***2.3.1. Técnicas de investigación:***

De campo. Se hace un estudio sistemático de los hechos en el lugar en que se producen. Para lo cual se realiza algunas visitas programadas con representantes

del Ministerio de Transporte, Aviación civil, Técnicos especialistas de las compañías y personal de electricidad aeronáutica de este Aeropuerto con la finalidad de evaluar la situación del sistema de ayudas visuales para la navegación aérea. Para verificar el estado de funcionamiento como: brillo o intensidad luminosa de las lámparas de la pista, la obra civil en lo que refiere a redes subterráneas para instalaciones eléctricas, determinar la potencia actual del sistema instalado y la requerida, las mediciones de luminosidad en plataforma, medir los parámetros de voltaje y corriente eléctrica en sitio de instalación, etc.

Aplicada. Este tipo de investigación se vale de los descubrimientos y logros, de la investigación básica para utilizarlos en situaciones prácticas. Su finalidad es mejorar un proceso, un producto o solucionar problemas reales.

En base a los resultados de la investigación de campo, se realiza el estudio para la modernización del equipo y balizaje luminoso aplicando la normativa OACI, así como el dimensionamiento del cableado y protecciones eléctricas.

Bibliográfica y documental. Se basa en datos obtenidos de diversas fuentes bibliográficas como: libros, revistas, periódicos u otros documentos.

En el presente trabajo se utilizó como bibliografía principal las recomendaciones de la Normativa Ecuatoriana Aeródromos 14, manuales de instalación y funcionamiento de sistemas instalados, revistas informativas de aviación civil, etc.

### ***2.3.2. Entrevista***

Esta técnica se aplica a los pilotos de las aeronaves, tanto militares, comerciales y de carga. Facilitará la recopilación de información vital e importante ya que provienen del actor principal en cuanto al uso de las ayudas visuales a la navegación aérea en este Aeropuerto.

### ***2.3.3. Población***

La entrevista se ha realizado a cuatro pilotos de manera aleatoria cuyo resultado radica en el diálogo directo entre el entrevistador y el entrevistado, con la ayuda

de un cuestionario de cuatro preguntas para facilitar la recopilación de información.

## **2.4. Resultados, análisis e interpretación.**

### ***2.4.1. Entrevista a pilotos***

Esta técnica realizada a los pilotos por parte del investigador, facilita la recopilación de información importante que proviene del usuario principal de los sistemas de ayudas para la Navegación Aérea, en donde se plantearon cuatro interrogantes.

#### **Pregunta 1:**

¿Cuál es su opinión de los sistemas de radio ayuda a la navegación aérea?

#### **Pregunta 2:**

¿Cuál es su opinión de las ayudas visuales luminosas a la navegación aérea?

#### **Pregunta 3:**

¿Cree usted, que se justifica el cambio del sistema de aproximación sencilla a una aproximación de categoría I?

#### **Pregunta 4:**

¿Considera usted, que con la implantación de nuevos y modernos sistemas de ayudas visuales luminosas, mejorará la seguridad de las operaciones aéreas?

### **Respuestas de acuerdo al orden de las preguntas**

#### **Piloto entrevistado 1.**

- Deberían irse modificando en relación a la actualidad aeronáutica.

- En la segunda pregunta, manifiesta de manera concreta que las ayudas visuales luminosas a la navegación aérea son insuficientes.
- En la tercera pregunta, responde que las condiciones climáticas cambiantes actuales exigen que se modernicen los sistemas, en donde la aproximación de categoría I permite disminuir la altura de decisión en el aterrizaje.
- En la cuarta pregunta, el piloto manifiesta que de manera notable se mejorará la seguridad de las operaciones aéreas con la implantación de nuevos y modernos sistemas de ayudas visuales luminosas.

### **Piloto entrevistado 2.**

- En la primera interrogante, el entrevistado manifiesta que son buenas y confiables, pero que debería considerarse la actualización de los sistemas de radio ayuda a la navegación aérea.
- En la segunda pregunta, opina que las ayudas visuales luminosas a la navegación aérea son correctas y muy confiables.
- En la tercera pregunta, el piloto manifiesta que si justifica el cambio del sistema de aproximación sencilla a una aproximación de categoría I, esto dado que el aumento de tráfico de las compañías que operan sirva de gran ayuda para el cumplimiento de los vuelos.
- En la cuarta pregunta, el entrevistado considera y recalca que en materia de seguridad es una buena inversión y que cualquier mejora nunca está por demás.

### **Piloto entrevistado 3.**

- La opinión que tiene el entrevistado sobre el sistema de radio ayuda para la navegación aérea indica que son de gran importancia para las aeronaves

porque permiten tener una exacta ubicación de los aeropuertos, aeronaves, etc.

- En la segunda pregunta que tiene que ver con ayudas visuales luminosas, manifiesta que constituye un factor primordial ya que sirven de referencia para las aeronaves al momento de realizar un despegue o aterrizaje.
- En cuanto a la tercera interrogante, sostiene que el avance tecnológico es fundamental ya que va de acuerdo al cambio de tecnología, cambiando el sistema categoría I por el de aproximación sencilla se mejorará y ayudará notablemente en la seguridad.
- En la cuarta pregunta responde, por supuesto, ya que permitirá que las operaciones aéreas se las realice elevando los estándares de seguridad.

#### **Piloto entrevistado 4.**

- En la primera pregunta opina, que las radio ayudas son de vital importancia para la navegación aérea, para saber la posición exacta de la aeronave con respecto a la radio ayuda (distancia y ubicación).
- En la segunda interrogante sobre las ayudas visuales luminosas recalca que son necesarias especialmente en la transición del vuelo instrumental al buscar el entorno de la pista, ya que en ocasiones se hace difícil esta transición.
- En la tercera pregunta, indica que se debería tener un sistema categoría I como mínimo, ya que se incrementa los niveles de seguridad, considerando que existen de categoría III que son de mayor precisión.
- En cuanto a la cuarta pregunta, considera correcto ya que con los sistemas visuales actuales la transición del vuelo instrumental al buscar el entorno de la pista es un poco deficiente y deberíamos tener un sistema en que esta transición sea más fácil para los pilotos.

## 2.5. Análisis de la disponibilidad de sistemas de ayudas visuales en la subestación de reguladores.

En la subestación en donde se encuentran los reguladores de corriente constante que controlan el brillo de los diferentes sistemas de ayudas visuales, está instalado un transformador trifásico de 160 KVA-110/220 V y un grupo electrógeno de 168.75 KVA que provee de energía auxiliar en caso de interrupciones de energía comercial.

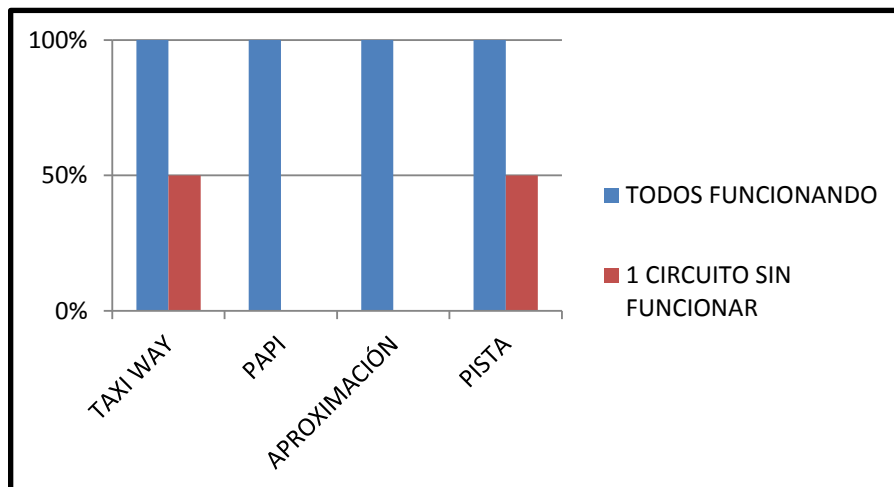
El sistema de taxi way e iluminación de pista funcionan con dos circuitos y con reguladores de corriente independientes para cada uno. El sistema PAPI y el de aproximación tienen únicamente un solo circuito.

**TABLA 2.1. DISPONIBILIDAD AYUDAS VISUALES**

<b>DISPONIBILIDAD DEL SERVICIO AYUDAS VISUALES</b>			
	<b>NRO. CIRCUITOS</b>	<b>TODOS FUNCIONANDO</b>	<b>1 CIRCUITO SIN FUNCIONAR</b>
TAXI WAY	2	100%	50%
PAPI	1	100%	0%
APROXIMACIÓN	1	100%	0%
PISTA	2	100%	50%

FUENTE: DATOS AEROPUERTO  
AUTOR: POSTULANTE

**FIGURA 2.1. PORCENTAJE DE DISPONIBILIDAD DE SISTEMAS DE AYUDAS VISUALES**



## **Interpretación.**

En la FIGURA 2.1 muestra el porcentaje de disponibilidad en los sistemas de ayudas visuales, considerando que la normativa ecuatoriana (Aeródromos 14, pág. 91) menciona que si un circuito esta fuera de servicio o sea con el 50% de luces encendidas de manera intercalada, las operaciones aéreas continúan con normalidad.

En los sistemas de iluminación de pista y taxi way al tener dos circuitos y en caso de ocurrir una falla en uno de ellos, el servicio continúa porque mantiene el 50% operativo.

Se puede interpretar entonces que la disponibilidad del servicio en los sistemas PAPI y de aproximación se reduce a cero (fuera de servicio) cuando ocurre una falla en los reguladores de corriente constante de los sistemas mencionados, con la consecuencia de emitir una información aeronáutica de sistema fuera de servicio.

En el sistema PAPI están instaladas dos lámparas independientes en cada unidad; por lo que, se garantizará su operación al funcionar una de ellas, pero si dos lámparas están fundidas de la misma unidad provoca que el sistema esté fuera de servicio.

Al tener un solo regulador o un solo circuito en luces de aproximación, se evidencia el problema en este sistema de ayudas visuales; por lo que, se concluye que es necesaria la implementación de doble circuito con la finalidad de garantizar la disponibilidad del sistema de aproximación durante las operaciones aéreas.

## 2.6. Análisis de la estadística de operaciones aéreas por año

Estos datos son tomados del sistema estadístico SEADAC (sistema estadístico aeronáutico) del Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

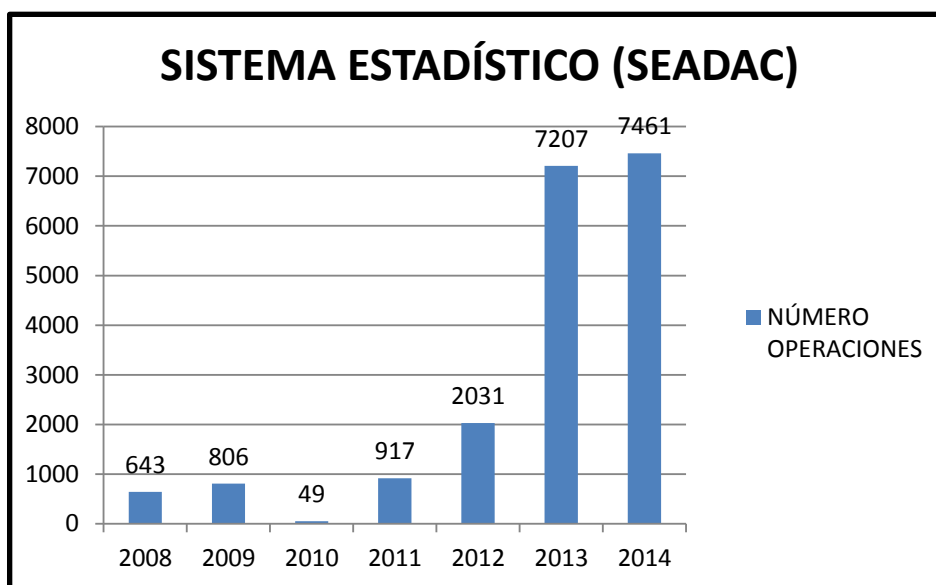
**TABLA 2.2. SISTEMA ESTADÍSTICO**

AÑO	NÚMERO OPERACIONES
2008	643
2009	806
2010	49
2011	917
2012	2031
2013	7207
2014	7461

FUENTE: SEADAC AEROPUERTO

AUTOR: POSTULANTE

**FIGURA 2.2. DIAGRAMA NÚMERO OPERACIONES AÉREAS POR AÑO**



### Interpretación

El Aeropuerto Internacional Cotopaxi concluyó su fase de rehabilitación en febrero del 2011, el moderno sistema de ayudas visuales se entrega al Ministerio de Transporte y Obras Públicas en junio del 2014.

Como se puede apreciar en la FIGURA 2.2 en los años 2008 y 2009 se tiene un número de operaciones aéreas que no llega a los mil por año. En el año 2010 apenas son 49 las operaciones aéreas, debido a que en ese año se realizan los trabajos de rehabilitación integral en el aeropuerto. A partir del año 2012 se nota un incremento importante, que sobrepasa las dos mil operaciones y en los años siguientes continúa la tendencia sobre las siete mil operaciones.

Esto demuestra que toda inversión para mejorar la aeronáutica en el país, se justifica. De esta manera contribuye al desarrollo productivo del cantón, zona centro y el estado ecuatoriano, debido a que se incrementa los vuelos: comerciales, militares y carga; generando empleo directamente en: el aeropuerto, empresas conexas, transporte terrestre, emprendimientos, negocios, etc.

## **2.7. Análisis de la situación anterior del sistema de ayudas visuales**

El equipamiento del sistema de iluminación de pista que se encuentra instalado y operando en el aeropuerto Cotopaxi, fue adquirido por la Dirección General de Aviación Civil en el año de 1995, mismo que ha cumplido su vida útil.

Considerando lo anterior, se ha hecho una evaluación del sistema de iluminación de pista en la parte de funcionamiento como equipo. Se ha verificado que se presentan dificultades por la disponibilidad de repuestos, esto se determina por el hecho de que los componentes ya no existen en el mercado, particularmente, se han detectado problemas en la parte de tarjetas electrónicas, en los módulos de control de los Reguladores de Corriente Constante, mantenimientos prolongados, etc.

### **2.7.1. Iluminación de pista**

Como muestra la FIGURA 2.3, las lámparas de iluminación de pista (borde, umbral y extremo de pista) presentan deterioro en su estructura y opacidad en los cristales, evidenciando problemas en los niveles de fotometría lo que dificulta la

apreciación de los diferentes niveles de brillo, debido al tiempo de instalación y el problema que no existen repuestos para el recambio.

**FIGURA 2.3. LÁMPARA DE PISTA**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

### ***2.7.2. Indicador pendiente de aproximación PAPI***

El sistema PAPI fue reinstalado en el año 2009, el anterior se destruyó debido a un acto de vandalismo, se realiza las denuncias respectivas a las autoridades competentes; por lo que, en base a garantía se instaló uno nuevo. Se determina que no es necesario renovar el sistema PAPI.

### ***2.7.3. Sistema de iluminación de aproximación***

Un sistema sencillo de aproximación es instalado en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi. Con un tendido de redes de media tensión sobre la superficie del terreno y el problema de opacidad de los cristales, falta de repuestos y consecuentemente esto produce demora en el mantenimiento correspondiente. Además tiene el problema que se analizó al tener un solo circuito en este sistema.

#### ***2.7.4. Luces de borde de calle de rodaje***

En este sistema de luces se evidencia el problema de falta de repuestos y no se utilizan luces homologadas; es decir, están instaladas dos marcas diferentes de luces, dificultando aún más las reparaciones, como muestra la FIGURA 2.4.

**FIGURA 2.4. LÁMPARA DE TAXI WAY**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI**

**AUTOR: POSTULANTE**

#### ***2.7.5. Luces de plataforma***

El sistema que ilumina la plataforma cuenta con seis postes de hormigón de 12 metros y doce lámparas de 1000 watts; es decir, dos lámparas por cada poste que están separados por una distancia promedio de 100 metros, que es insuficiente porque existen zonas oscuras y no cumple el nivel de iluminación promedio recomendado por la normativa OACI, que es de 20 luxes en el área de estacionamiento.

Con la utilización de un luxómetro se toma datos del sistema de iluminación en plataforma (TABLA 2.3), las mediciones se las realiza a dos metros sobre la

superficie en cuadrantes de 10 metros por 10 metros, además se considera puntos representativos más oscuros en el área de estacionamiento.

**TABLA 2.3. MEDICIÓN LUXES EN PLATAFORMA**

DISTANCIA	LUXES
10	16
20	17
30	14
40	14
50	14
60	12
70	12
80	12
90	10
100	10
<b>PROMEDIO</b>	<b>13,1</b>

**FUENTE: SEADAC AEROPUERTO  
AUTOR: POSTULANTE**

Se puede concluir que el nivel de iluminación promedio en el área de plataforma es de 13,1 luxes, por lo que no cumple la Normativa Ecuatoriana descrita en el capítulo I que es de 20 luxes. Esto se debe a la insuficiente cantidad de lámparas utilizadas que trae como consecuencia el peligro para las operaciones de movimiento de aeronaves en plataforma.

### ***2.7.6. Anterior sistema integrado de control para ayudas visuales***

En la FIGURA 2.5, se muestra la consola anterior que controla el sistema total de luces de pista, verificando que es obsoleto y anticuado, utiliza relés electromecánicos y su mando lo realiza mediante cableado telefónico para conexión entre la subestaciones con la torre de control, con una distancia aproximada de 3 km, una alimentación de 48 voltios de corriente continua con la finalidad de evitar caídas de tensión e interferencias.

**FIGURA 2.5. LÁMPARA DE PISTA**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

## **2.8. Comprobación de la hipótesis**

Una vez interpretada las técnicas de investigación de carácter textual que tiene como fundamento los datos obtenidos en la investigación, en concordancia con la entrevista realizada, se determina qué:

El análisis de la situación actual permitirá determinar los sistemas de ayudas visuales luminosas que se requieren renovar, para mejorar la seguridad de las operaciones aéreas en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

La comprobación de la hipótesis se realiza en base a lo siguiente:

El análisis e interpretación de los criterios expresados por los diferentes pilotos de aeronaves, sean civiles o militares que permite validar la hipótesis planteada, en donde el 100% están conscientes y de acuerdo que al implantar un nuevo y moderno sistema de ayudas visuales luminosas, mejorará la seguridad de las operaciones aéreas.

El dato estadístico de operaciones aéreas (TABLA 2.2), muestra con claridad que a partir del año 2012, incrementa notablemente las operaciones aéreas, en gran

medida se debe a la rehabilitación integral del aeropuerto y la modernización de los sistemas de ayudas visuales luminosas.

Se evidencia de forma directa mediante la investigación de campo, los problemas comunes y el análisis de los hechos observables que se dan en el balizaje luminoso del Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA**

#### **3.1. Presentación**

Dentro de nuestro estudio, nos compete analizar el Anexo 14 de la OACI, denominado Aeródromos el cual contiene normas y métodos recomendados para la instalación y operación de los sistemas de iluminación de aeródromos que se menciona en el capítulo I.

La investigación realizada contempla la necesidad de implantar un nuevo y moderno sistema de Ayudas Visuales para la navegación aérea, que deberá cumplir con las más altas exigencias de normas internacionales OACI. Tiene una marcada importancia para mantener y mejorar la seguridad aérea, utilizando tecnología de punta con la implementación de software aplicados al sistema de iluminación de borde de pista, luces de aproximación, luces PAPI, luces de plataforma y luces de calle de rodaje, con sus respectivos reguladores de intensidad de iluminación programables, fuentes primarias y secundarias de abastecimiento de energía, transferencia, control local y remoto mediante un software de gestión amigable y que se pueda manipular desde la Torre de Control.

El postulante consiente de que se requiere modernizar los sistemas de ayudas visuales presenta una propuesta que tiene dos enfoques, una que tiene que ver con la parte técnica basado en los problemas de la investigación y fundamentados en el marco teórico para la instalación y puesta en marcha de los nuevos sistemas para ayudas a la navegación aérea. El enfoque no menos importante que es administrativo mediante la elaboración de una guía de mantenimiento para los sistemas y equipos instalados.

Los equipos deberán ser de reciente diseño, con alta fiabilidad y de bajo consumo de energía. Cumpliendo con la normativa y certificaciones internacionales, como parte de la innovación tecnológica se utiliza balizas tipo LED para circuitos de taxiway; los cuales, cuentan con la aprobación y certificación OACI, con ventajas como alto rendimiento en horas vida y mayor eficiencia lumínica.

### **3.2. Justificación de la propuesta**

La falta de ayudas visuales luminosas hace que los aeropuertos funcionen en horario diurno (HJ) desde la salida hasta la puesta del sol; por lo que, es necesario la instalación de sistemas de iluminación en la pista para horarios nocturnos, que se actualicen o modernicen. Así como también el incremento de técnicos con capacitación integral, ya que son los encargados de las labores de mantenimiento; por lo que, en este capítulo se incluye un resumen del manual de labores de mantenimiento recomendados por los fabricantes de los equipos y tareas que se adquieren por experiencia que ayudan a mantener y mejorar los equipos.

### **3.3. Objetivos**

#### ***3.3.1. Objetivo General de la propuesta***

Proponer la aplicación de medidas técnicas basadas en normas y administrativas mediante una guía de mantenimiento, que permitirá mejorar y mantener la seguridad de las operaciones aéreas en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

#### ***3.3.2. Objetivos específicos de la propuesta***

- Garantizar la operatividad y confiabilidad de los Sistemas de Iluminación de Pista para el Aeropuerto Internacional Cotopaxi, como:
  - Luces de borde de pista.
  - Luces de umbral y extremo de pista.
  - Luces de borde de calle de rodaje.
  - Luces de aproximación.
  - Indicador de pendiente de aproximación PAPI.

- Control remoto.
- Iluminación de plataforma.
- Mejorar la eficiencia lumínica de los sistemas de ayudas visuales que son guía de referencia para los pilotos en la etapa de aproximación, aterrizaje y movimiento en la superficie.
- Minimizar tiempos fuera de servicio por ocurrencia de falla.

### **3.4. Factibilidad de aplicación de la propuesta**

La propuesta presentada reúne todas las condiciones para que se pueda ejecutar en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi. Se determina mediante la investigación de campo, además forma parte del gran proyecto del Plan Nacional de Modernización del Sistema Aeroportuario. Mismo que incluye el estudio, mejoramiento, inclusión y/o desarrollo de todos los ejes que conforman la aviación civil ecuatoriana y su interrelación mundial.

#### ***3.4.1. Factibilidad técnica***

Las soluciones técnicas que se proponen deben cumplir con la normativa a fin de garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema de ayudas visuales para la Navegación Aérea, la cual se verá reflejada una vez implementada y con resultados inmediatos.

#### ***3.4.2. Factibilidad económica***

El Ministerio de Transporte y Obras Públicas a través de su página electrónica dice: “El Gobierno Nacional implementa la modernización del sistema de navegación aérea a nivel nacional con una inversión que bordea los US\$ 46`827.394, con el objeto de brindar mayor seguridad operacional en los aeropuertos administrados por el Estado y un monto económico de \$ 1`100.000 para la ejecución del proyecto en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi.”.

Por lo que el investigador considera que en el aspecto económico se cuenta con el presupuesto del estado a través del Ministerio de Transporte y Obras Públicas.

En el aspecto humano por ser instalaciones únicas en el campo aeronáutico será necesario contar con personal altamente capacitado para llevar a cabo los trabajos en mención, siendo estrictamente necesario que el personal eléctrico aeronáutico de la DGAC, se involucre en labores de supervisión, control y ejecución de los trabajos de instalación y puesta en marcha.

### **3.5. Situación propuesta.**

De los resultados de la investigación y con la finalidad de: garantizar la seguridad de las operaciones aéreas, mejorar la eficiencia lumínica de lámparas, mejorar la categoría en sistema de aproximación, disminuir el tiempo fuera de servicio por fallas en los equipos se propone lo siguiente:

- Renovar y modernizar los sistemas de ayudas visuales.
- Cambiar el sistema de aproximación sencilla a una de categoría I, basado a la entrevista directa que se realiza a los pilotos de aeronaves militares y comerciales, de acuerdo al análisis de disponibilidad de servicio se propone que se instalen dos circuitos de luces de aproximación.
- Instalar cuatro torres para la iluminación de la plataforma.
- Instalar lámparas LED en el sistema de taxi way.
- Implementar un software de gestión, para control integral de los sistemas de ayudas visuales, que reemplaza al control electromecánico.
- Implementar una guía de mantenimiento de los nuevos sistemas.

#### ***3.5.1. Propuesta para modernizar los sistemas de ayudas visuales del Aeropuerto Internacional Cotopaxi***

La propuesta planteada mejorará la seguridad de las operaciones aéreas en el Aeropuerto Internacional Cotopaxi con la implantación de un nuevo y moderno sistema de ayudas visuales a la Navegación Aérea y contempla lo siguiente:

- Iluminación de pista.
- Iluminación de calle de rodaje.
- Luces de aproximación.
- Indicador de pendiente de aproximación PAPI.
- Control remoto.
- Iluminación de plataforma.

En base a la Normativa Ecuatoriana Aeródromos 14, revisado en el marco teórico del capítulo I, para el diseño, la selección de componentes y materiales, técnicas de construcción y manufacturación del equipamiento, asegurando la integridad del sistema, la compatibilidad e integración entre todos ellos.

MTOP/DGAC, proveerá de un nuevo equipamiento para el sistema de iluminación de pista para el aeropuerto Cotopaxi, para efectuar el cambio de las luminarias adquiridas, en remplazo de las actuales (deterioradas) que se encuentran instaladas en bases metálicas tipo L867-B y L868. El cambio de reguladores de corriente constante (RCCS), accesorios, etc., se realizará sin afectar al normal desarrollo de las operaciones aéreas nocturnas que se desarrollan en el aeropuerto.

Instalación y puesta en marcha (funcionamiento) del sistema de control remoto de iluminación de pista. Esto implica el tendido de cable de fibra óptica multimodo, desde la torre de control hacia el Rack, que se instalará en la sala de reguladores RCCS, ubicada a la altura de la cabecera 01 del aeropuerto, a una distancia aproximada de 1.500 metros.

Por otra parte, se requiere la implementación y puesta en funcionamiento de cuatro (4) torres de iluminación, para las plataformas de pasajeros y de carga del Aeropuerto Internacional Cotopaxi. La ubicación final de las torres de iluminación se propone que sea en el lugar en que se encontraban las anteriores, ya que se encuentra disponible la infraestructura civil, bases y red de ductos para la instalación del sistema de iluminación.

En cuanto al equipamiento a ser suministrado para el sistema de iluminación de pista, se ha previsto contar con un variado stock de reserva de luminarias y accesorios.

Como innovación tecnológica para ser aplicada en el aeropuerto Cotopaxi, se está solicitando la utilización de balizas tipo LED para los circuitos de taxi way. Sistemas de balizas que representarán con su instalación, ahorro de energía a las instalaciones del aeropuerto, de igual manera la vida útil de las luminarias será cincuenta veces mayor frente a las balizas convencionales instaladas (Halógenas).

### ***3.5.2. Equipamiento para sistema de iluminación de pista***

**TABLA 3.1. EQUIPAMIENTO DE ILUMINACIÓN DE PISTA**

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	LUCES DE BORDE, UMBRAL Y FIN DE PISTA	
1,01	Baliza de borde de pista, alta intensidad, omnidireccionales, elevadas, filtro blanco, incluye BASE PLATE y empaque, mango de rotura. Circuito serie 6.6 A, 120 W Tipo:L-862 Norma: FAA AC-150/5345-46 ICAO Anexo 14	150
1,02	Baliza de borde de pista, alta intensidad, bidireccionales, empotradas, filtros blanco/ blanco. Incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 2x105W Tipo: L-850 Norma: FAA - AC 150/5345-46 ICAO Anexo 14	10
1,03	Baliza de borde de pista, alta intensidad, bidireccionales, empotradas, filtros blanco/ amarillo, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 2x105W Tipo: L-850 Norma: FAA -AC 150/5345-46 ICAO Anexo 14	20

1,04	Baliza de borde de pista, alta intensidad, bidireccionales, empotradas, filtros amarillo/blanco, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 2x105W Tipo: L-850 Norma: FAA -AC 150/5345-46 ICAO Anexo 14	30
1,05	Baliza de borde de pista, alta intensidad, unidireccional, empotradas, filtro verde, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 1 x 105W Tipo: L-850 Norma: FAA AC-150/5345-46 ICAO Anexo 14	20
1,06	Baliza de borde de pista, alta intensidad, unidireccional, empotradas, filtro rojo, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 1 x 105W Tipo: L-850 Norma: FAA AC-150/5345-46 ICAO Anexo 14	12
1,07	Baliza de umbral y extremo de pista, alta intensidad, empotradas, bidireccional, filtro verde/rojo, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 2 x 105W Tipo: L-850 Norma: FAA AC-150/5345-46 ICAO Anexo 14	12
1,08	Baliza de umbral y extremo de pista, alta intensidad, bidireccional, empotradas, filtro rojo/amarillo, incluye aro adaptador. Circuito serie 6.6 A, 2 x 105W Tipo: L-850 Norma: FAA AC-150/5345-46 ICAO Anexo 14	20
1,09	Transformador de aislamiento, adecuado para ITEM 1,01 Norma: FAA-AC 150/5345-47	150
1,10	Transformador de aislamiento, adecuado para ITEM 1,02, 1,03, 1.04, 1.04,1.05, 1.06, 1.07, 1.08 Norma: FAA-AC 150/5345-47 Norma: FAA-AC 150/5345-47	124

1,11	Kit de conectores primarios para cable FAA L824 TIPO C 8AWG sin pantalla, tensión de servicio 5 KV Tipo: L-823 Norma: FAA-AC 150/5345-47	100
1,12	Kit de conectores secundarios para cable para cable 2 x 12 AWG	100
1,13	Regulador de intensidad constante 30KW 127/220 VAC, 60 Hz, 6.6 A, 5 niveles de brillo, ventilación natural. Tipo: Estado sólido, micro procesado	4

	LUCES DE IDENTIFICACIÓN DE UMBRAL DE PISTA (RUNWAY THRESHOLD IDENTIFICATION LIGHTS)	
1,14	Par de Balizas de destellos unidireccionales de descarga por condensador, elevada, tres niveles de energía. Alimentación de circuito serie de 6.6 A. Secuencia de destello 2x segundo. Conexión de enclavamiento entre las dos unidades de cada par. Tipo: L-849 Norma: FAA-AC 150/5345-51 y E-2628 ICAO Anexo 14	2
1,15	Unidad de conversión serie-paralelo, 220 VAC 60Hz, a partir de 6.6 A.	2
1,16	Kit de conexión unipolar para cable 8AWG, tensión de servicio 5 Kv, adecuado para cable Tipo FAA L- 824C no apantallado Tipo: L-823 Norma: FAA-AC 150/5345-26B ICAO Anexo 14	4
1,17	Placa de asiento para base universal adecuada con empaquete y tornillería de acero inoxidable, agujero central con rosca 2" BSPT, 11TPI. Norma: FAA AC 5345-46A ICAO Anexo 14	4

**FUENTE: MTOP**  
**AUTOR: POSTULANTE**

En la TABLA 3.1 se detalla el equipamiento que se requiere para la propuesta de iluminación de pista.

El Regulador de corriente constante instalado es una fuente de poder diseñada para operación en sistemas de iluminación con conexión en serie para aeródromos. Posee de tres a cinco pasos de intensidad o brillo conforme a los estándares de la FAA (Administración de Aviación Federal de los Estados Unidos).

La regulación de corriente se obtiene variando el voltaje de salida en el transformador principal para mantener la corriente deseada bajo diferentes condiciones de carga. Esto se consigue variando el ángulo de conducción de un par de rectificadores controlados de silicio (SCR) conectados en serie con la entrada del transformador principal”.

Los reguladores de corriente FIGURA 3.1 se utilizan en circuitos de conexión tipo serie para los sistemas de iluminación en el aeropuerto, deben ubicarse en una subestación para garantizar la integridad de los equipos y seguridad del personal.

**FIGURA 3.1. REGULADORES DE CORRIENTES PROGRAMABLES**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

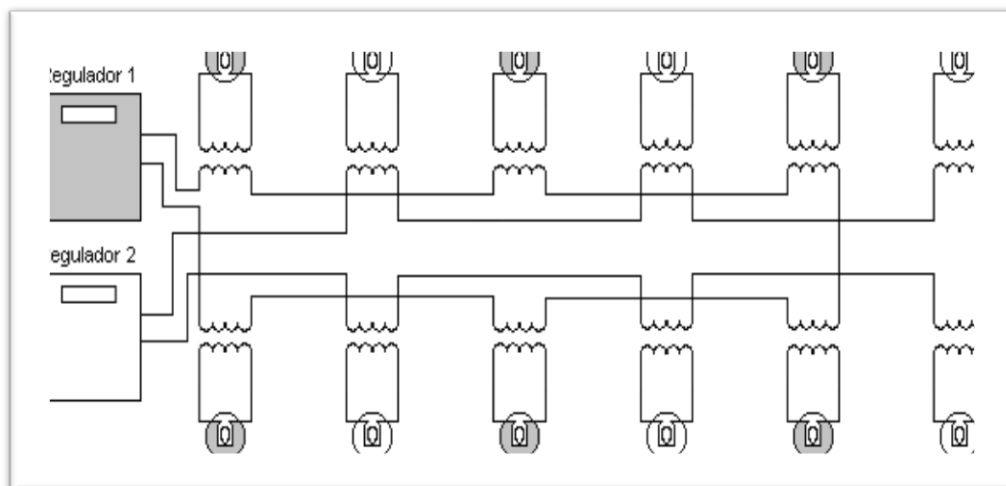
Para obtener tal nivel de eficiencia, los circuitos eléctricos serán diseñados de modo que puedan operar en circuitos dobles; es decir, que en caso de que se produzca una falla grave en uno de los circuitos, el otro permanecerá operando normalmente.

Se considera que la instalación de iluminación de un aeropuerto es única porque el circuito de tipo en serie tiene características eléctricas especiales. Los circuitos abiertos por otro lado son vistos como anormales y podría ocurrir daños en el equipo eléctrico o surgir un peligro para el personal si el sistema no es automáticamente apagado.

El circuito de iluminación de tipo serie FIGURA 3.2, utiliza transformadores de aislamiento que protegen al regulador de alimentación, de cualquier suceso anormal que podrían sufrir las lámparas del circuito.

El objetivo del circuito serie es el de proveer una corriente constante relativamente baja a todo el circuito, lo que no ocurriría si es que todos los elementos estuvieran conectados en paralelo.

**FIGURA 3.2. CIRCUITO SERIE LUCES DE PISTA**



**FUENTE: MANUAL BALIZAJE LUMINOSO (ALPHA)  
AUTOR: POSTULANTE**

En el Aeropuerto Internacional Cotopaxi, se encuentra instalado un sistema de iluminación de gran intensidad, por lo que requiere de reguladores de corriente adecuados que permitan ajustar el brillo de las luces según las condiciones que prevalezcan.

Se dispone de una fuente secundaria de alimentación de energía, constituida por grupos electrógenos, los cuales se activan automáticamente nueve segundos después de que la energía de la red se ha suspendido, mediante una transferencia automática, de esta forma se cumple con el estándar establecido por la OACI.

Existen básicamente dos tipos de luces que se utilizan en los sistemas de iluminación: Las luces elevadas y las luces empotradas.

Las luces elevadas se utilizan en partes de la pista, zonas de parada, calles de rodaje y plataforma, estas deben ser frangibles (deben romperse con facilidad para proteger de daños a las aeronaves), su altura debe ser lo suficientemente baja para respetar la distancia de guarda de las hélices y barquillas de los motores de las aeronaves a reacción. Se utilizan en lugares donde se requiere que las luces se observen en todas las direcciones.

Las luces empotradas, se recomienda utilizar en partes de la pista, zonas de parada, inicio y final de pista, y umbrales, Están diseñadas y dispuestas de manera que soporten el peso de las ruedas de una aeronave sin que se produzcan daños a la misma ni a las luces. Estas luces son bidireccionales; es decir, pueden iluminar en dos direcciones con diferentes colores.

Además todas las luces están instaladas en serie a través de transformadores de aislamiento, de modo que la corriente que proveen los reguladores para la alimentación es pequeña, máximo de 6.6 amperios y por otro lado se auto programa la corriente de alimentación de acuerdo al número de elementos instalados.

### 3.5.3. Equipamiento para el sistema de iluminación de taxi way

**TABLA 3.2. EQUIPAMIENTO DE ILUMINACIÓN DE TAXY WAY**

2	LUCES DE BORDE DE CALLE DE RODAJE (TAXIWAY EDGE LIGHTS)	
2,01	Baliza de borde calle de rodaje, mediana intensidad, omnidireccional, elevada filtro azul, incluye BASE PLATE, empaque y mango de rotura. Circuito serie 6.6 A, 12 W. Tipo: LED Norma: FAA-AC 150/5345-46 L861 T ICAO Anexo 14 Vida útil 50.000 horas	120
2,02	Baliza de borde de calle de rodaje, mediana intensidad, bidireccional, empotrada, filtros azul/ apantallado, 8” Circuito serie 6.6 A, 12 W Tipo: LED Norma: FAA -AC 150/5345-46 L852 T ICAO Anexo 14 Vida útil 50.000 horas	30
2,03	Transformador de aislamiento adecuado para ITEM 2,01. Norma: FAA-AC 150/5345-47 ICAO Anexo 14	120
2,04	Transformador de aislamiento adecuado para ITEM 2,02. Norma: FAA-AC 150/5345-47 ICAO Anexo 14	30
2,05	Kit de conectores primarios para cable FAA L824 TIPO C 8AWG para cable sin apantallamiento, tensión de servicio 5 KV. Tipo: L823 Norma: FAA-AC 150/5345-26B	60
2,06	Regulador de intensidad constante 7,5 KW 120 / 208 VAC, 60 HZ, 6.6 A, 3 niveles de brillo, ventilación natural. Tipo: Estado Sólido, micro procesado. Norma: FAA-AC-150/5345-10E, Voltaje de mando a Distancia 120 VAC ICAO Anexo 14	3
2,07	Kit de conectores secundarios para cable 2 x12 AWG.	60

**FUENTE: MTOP  
AUTOR: POSTULANTE**

En la TABLA 3.2 se detalla el equipamiento que se requiere para la propuesta de iluminación de taxi way, con un total de 93 lámparas, en los bordes de plataforma

se debe utilizar lámparas empotradas de 10 watts y 2 x 15 watts respectivamente. Cabe mencionar que son de tipo LED con lo que se mejora la eficiencia y contribuye al ahorro energético como muestra la FIGURA 3.3.

**FIGURA 3.3. LÁMPARA LED DE TAXI WAY**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

#### ***3.5.4. Equipamiento para el sistema de aproximación***

**TABLA 3.3. EQUIPAMIENTO EN SISTEMA DE APROXIMACIÓN**

<b>3</b>	<b>SISTEMA DE LUCES DE APROXIMACIÓN SENCILLA</b>	
<b>3,01</b>	Luces de aproximación, alta intensidad, omnidireccional, elevada, filtro blanco. Circuito serie 6.6 A, 150W Norma: FAA E 982 ICAO Anexo 14	<b>17</b>
<b>3,02</b>	Transformador de aislamiento 6,6A 150W Norma: FAA-AC 150/5345-47 ICAO Anexo 14	<b>17</b>

3,03	Kit de conexión unipolar para cable 8AWG, tensión de servicio 5 Kv, adecuado para cable Tipo FAA L-824C no apantallado	17
3,04	Kit de conexión bipolar, con 20 metros de cable secundario bipolar 2 x12 AWG, adecuado para ITEMS 3,01 y 3,02	17
3,05	Base de baliza de aviación, adecuada para ITEM 3.01 incluye placa de asiento con agujeros y empaques adecuados Tipo: L-867B. Norma: FAA-AC 150/5345-42 Aberturas: Dos laterales y una de drenaje. ICAO Anexo 14	17
3,06	Regulador de intensidad constante 7,5 KW 120/208 VAC, 60 Hz, 6.6 A, 3 niveles de brillo, ventilación natural. Tipo: Estado sólido, micro procesado Norma: FAA-AC 150/5345-10E Voltaje de mando distancia: 120 VAC ICAO Anexo 14	2
3,07	Enchufe corta-corriente. Norma: FAA AC 150/5340-4C. ICAO Anexo 14	2
3,08	Reemplazo de Mástiles de aluminio frangibles de aproximación	17
3,09	Sistema de siete balizas secuenciales (S.F.L.) por descarga de condensador, tres niveles de energía Alimentación 220 VAC/ 60 Hz, con las respectivas unidades de control y mando secuencial. El sistema se suministrará con la cantidad adecuada de metros de cable especial continuo para la interconexión entre la baliza y la unidad de mando.	7

**FUENTE: MTOP**  
**AUTOR: POSTULANTE**

En la TABLA 3.3 se detalla el equipamiento que se requiere para la propuesta del sistema de aproximación para categoría I, cuenta con 45 luces de aproximación de 2 x 105 watts, distribuidas en la cabecera 19 (norte) y 5 luces de flash alta intensidad, además la implementación de los dos circuitos para este sistema.

### ***3.5.5. Equipamiento para el sistema PAPI***

El sistema PAPI es un sistema nuevo, está instalado y homologado por la avioneta laboratorio de la Dirección de Aviación Civil según las recomendaciones OACI, por lo que no existe propuesta de renovación.

**FIGURA 3.4. SISTEMA PAPI**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

### ***3.5.6. Equipamiento del control remoto***

Se propone la instalación y puesta en funcionamiento del control del sistema, control remoto, con pantalla táctil y PLC (circuito lógico programable) para control y monitoreo de Reguladores de Corriente Constante, Faro de aeródromo, Luces de Plataforma (mínimo 15 dispositivos aeroportuarios y máximo 20), medio de comunicaciones por fibra óptica cable multimodo Norma: FAA- AC 150/5345-56 L-890-AA ö L-890-BA

El circuito de control integra los medios adecuados de conexión y desconexión del sistema de ayuda visual para la navegación aérea; así como el cambio de intensidad de los distintos sistemas que pueden ser locales o remotos. La

iluminación de plataforma es controlada mediante opciones como: encendido de torres de manera independiente, al 40% (dos lámparas 1000 W), al 60%(tres lámparas 1000 W) o la combinación de ellas.

El control local se realiza directamente en los reguladores de corriente constante, seleccionamos el control local para poder cambiar el nivel de brillo de forma más sencilla, en caso de una falla del control remoto, en donde el personal técnico puede activar o desactivar los sistemas asociados a la iluminación, como un mando alternativo de control para operaciones de emergencia.

El Control remoto al seleccionar en el regulador de corriente constante la tecla de **Auto** en el display se encuentra preparado para controlarse por medio de fibra óptica de forma remota los sistemas de iluminación.

La pantalla mímico (FIGURA 3.5) se ubicará en la Torre de Control.

**FIGURA 3.5. CONTROL MÍMICO**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

### 3.5.7. Equipamiento para sistema de Iluminación de Plataforma

**TABLA 3.4. EQUIPAMIENTO EN ILUMINACIÓN PLATAFORMA**

6	ILUMINACIÓN DE PLATAFORMA	
6,01	Provisión, instalación de torre cilíndrica auto-soportada fabricada en acero galvanizado de 20 metros, con soporte para 5 proyectores frontales, resistente a la oxidación, humedad y ambientes salinos. La instalación incluye la obra civil necesaria y registro eléctrico junto a la base para alimentación eléctrica, deberá incluirse el tendido eléctrico de alimentación, conforme a las cargas descritas desde los tableros de distribución eléctrica ubicados en los bloques eléctricos del aeropuerto.	8
6,02	Proyector para alumbrado de grandes áreas, alta presión de sodio, 1000 watts. Tensión de servicio 220 VAC. 60Hz, incluye equipo auxiliar y deflector.	40

**FUENTE: MTOP  
AUTOR: POSTULANTE**

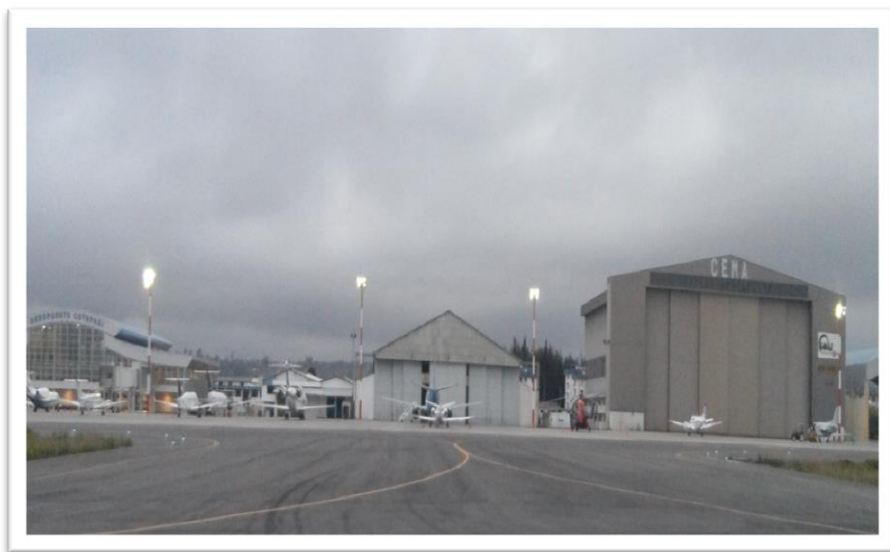
En base a las tablas de medición del nivel de iluminación en la plataforma se determina que es necesario la instalación y puesta en operación de 4 torres de iluminación de la plataforma para el Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

Las torres de iluminación TABLA 3.4 se instalarán con sus respectivas acometidas, protecciones eléctricas, balizamiento, obras civiles que se requiera implementar, y en lo posible distribuidas proporcionalmente en el sector occidente de la plataforma, se realizará mediciones de niveles de iluminación conforme a las exigencias de OACI, en cumplimiento de la Normativa OACI.

### **1.3.5.7. Especificaciones técnicas**

Cada torre de iluminación (FIGURA 3.6) (según recomendaciones OACI), tendrá una altura de 20 metros, serán torres cilíndricas auto soportadas, fabricadas en acero galvanizado, que incluya la canastilla para la instalación de 5 proyectores frontales.

**FIGURA 3.6. TORRES CILÍNDRICAS DE ILUMINACIÓN PLATAFORMA**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI (GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

La alimentación eléctrica de las luminarias se realiza mediante utilización de conductores adecuados, tableros con breakers de protección para cada torre. El sistema de control de encendido y apagado de las luminarias se deberá realizar desde la Torre de Control.

En cada torre de iluminación existirán cinco lámparas de 1000 Watts, una de ellas será de mercurio con lo que permitirá el encendido inmediato en caso de requerirlo, hasta que puedan encenderse la de sodio. Además se podrá encender independientemente cada torre de iluminación al 60%(tres lámparas), 40%(dos lámparas o al 100%(cinco lámparas) con la finalidad de obtener ahorro energético ya que se pueden encender independientemente cada torre de iluminación con la finalidad de iluminar únicamente las zonas requeridas.

**TABLA 3.5. SISTEMA ESTADÍSTICO**

<b>ILUMINACIÓN PLATAFORMA (LUXES)</b>		
<b>DISTANCIA</b>	<b>ANTERIOR</b>	<b>ACTUAL</b>
10	16	28
20	17	32
30	14	31
40	14	31
50	14	28
60	12	27
70	12	27
80	12	25
90	10	25
100	10	22
<b>PROMEDIO</b>	<b>13,1</b>	<b>27,6</b>

**FUENTE: SEADAC AEROPUERTO****AUTOR: POSTULANTE**

Se puede concluir que con el sistema de iluminación de plataforma anterior no se cumple con el mínimo nivel de iluminación recomendado, dando un promedio de 13, 1 luxes, esto debido a que es insuficiente la cantidad de lámparas utilizadas. Lo que trae como consecuencia el peligro para las operaciones aéreas en plataforma. En el sistema actual se tiene un promedio de 27,6 luxes en los puntos críticos con lo cual incluso sobrepasa la normativa como muestra la TABLA 3.5

### **3.6. Ejecución del balizaje de sistemas de ayudas visuales**

Para ejecutar la propuesta se debe tener en cuenta la normativa OACI, que regulen los equipos y los elementos de un balizaje luminoso en un aeropuerto. Además deben participar personal especializado para garantizar una correcta instalación y puesta en operación. Una fase de mantenimiento que es necesario para el buen funcionamiento del sistema de iluminación mediante el cumplimiento de procedimientos, con la finalidad de conservar los equipos en un estado de funcionamiento óptimo.

### 3.6.1. Selección de equipos

Se pueden citar las siguientes: Reguladores de corriente constante (RCC), transformador de aislamiento, lámparas, cable primario, cable de alimentación secundario, etc., mismos que deben cumplir la certificación OACI

La energía principal que se utiliza para la iluminación del aeródromo es corriente alterna que suministra la Empresa Eléctrica Cotopaxi (ELEPCOSA) a través del circuito en Media Tensión 13.8 KV, luego la energía de respaldo o secundaria se provee a través de grupos electrógenos (TABLA 3.6). Lo que permite la continuidad del servicio eléctrico en un tiempo de transferencia automática no mayor a 14 segundos.

**TABLA 3.6. GRUPOS ELECTRÓGENOS AUXILIARES**

ITEM	TRANSFORMADOR	GRUPO ELECTRÓGENO	TIEMPO
1	CT1 - 160 KVA	GA1- 200 KVA (Iluminación pista y radio ayuda)	9 segundos
2	CT2 - 400 KVA	GA2- 500 KVA (Bloque técnico y terminal)	14 segundos
3	CT3-200KVA/50 KVA	GA3-400 KVA (Hangar de carga y Rescate)	14 segundos
4	CT4 - 50 KVA	GA4- 50 KVA (Torre de control)	9 segundos

**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

Todo el sistema de iluminación del Aeropuerto Internacional Cotopaxi, se distribuye mediante circuito en serie, debido a que la longitud de la pista más las distancias a las sub estaciones en donde se encuentran los reguladores son de 4 kilómetros aproximado.

Por razones de redundar en la seguridad se dispone de doble circuito en serie intercaladas y por razones de falla, se mantenga encendido el otro circuito, conectados de tal manera que por todos ellos circulen la misma corriente (6.6 amperios), entonces los reguladores, en caso de falla provocará la desconexión o

apagado de todo el circuito. En consecuencia hay que emplear un dispositivo de derivación como es un transformador de aislamiento que principalmente aislará el circuito primario de media tensión, lo que permite proteger a las personas en caso de manipulación.

### 3.6.2. Cálculo de reguladores de corriente constante

Considerando las fórmulas del marco teórico en lo referente a reguladores se tiene:

- a) Regulador de corriente constante para iluminación de pista, conectadas a lámparas elevadas, empotradas y letreros con una potencia total instalada de 25920 watts, como se muestra en siguiente TABLA 3.7.

**TABLA 3.7. SISTEMA DE ILUMINACIÓN PISTA**

LÁMPARA	TIPO	CANTIDAD	P/U (W)	P/T
BI-C/Y	Elevadas	21	150	3150
BI-C/Y	Empotradas	3	210	630
BI-Y/C	Elevadas	6	150	900
BI-Y/R	Elevadas	13	150	1950
BI-Y/R	Empotradas	3	210	630
BI-G/R	Emp-LED	9	50	450
UNI-G	Emp-LED	18	40	720
UNI-R	Emp-LED	6	40	240
OMNI-C	Elevadas	91	150	13650
BI-C/C	Empotradas	5	210	1050
AMNI-R	Elevadas	13	150	1950
win cone		2	300	600
SUMA POTENCIA LÁMPARAS				25920
POTENCIA ESTIMADA EN LETREROS				4000
PÉRDIDAS DE POTENCIA				4000
POTENCIA				33920
SI SON DOS CIRCUITOS				16960
2 CCR DE 20 KVA				

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE

Potencia por consumo de lámparas

$$PL = 25920 \text{ (4)}$$

### **Pérdidas en el cable del circuito secundario**

$$ps = I^2 * r_s = 6.6^2 * 7.14 = 311.01 \text{ W/Km (5)}$$

Si:  $I = 6.6 \text{ A}$ . (corriente nominal al máximo brillo)

$$r_s = 7.14 \text{ } \Omega/\text{Km} \text{ (Cable } 2.5 \text{ mm}^2; 0.6/1 \text{ KV)}$$

$$Ps = 0.6 \text{ Km} * 324.522 \text{ W/Km} = 186.6 \text{ W}$$

### **Pérdidas en los conectores**

$$Pc = K_c * (P_L + P_s) \text{ Con } K_c = 2\% \text{ (6)}$$

$$Pc = 0.02 (25920 + 186.6) = 522.13 \text{ W}$$

### **Pérdidas en el cable del circuito primario**

$$pp = I^2 * R_p = 6.6^2 * 2.97 = 129.37 \text{ W/Km (8)}$$

Si:  $I = 6.6 \text{ A}$ . (corriente nominal al máximo brillo)

$$R_s = 2.97 \text{ } \Omega/\text{Km} \text{ (Cable } 6 \text{ mm}^2)$$

$$Pp = \sum_p Lp * p_p = 10 \text{ Km} * 129.34 \frac{\text{W}}{\text{Km}} = 1293.73 \text{ W (7)}$$

### **Potencia total requerida**

$$P = P_L + P_s + P_c + P_p \text{ (9)}$$

$$P = 25920 + 186.6 + 522.13 + 1293.73 = 27922.48$$

### **Potencia del regulador de corriente constante**

$$P_{RCC}(W) = \frac{P}{\eta_{CCR}} \text{ (10)}$$

$$P_{RCC}(W) = \frac{27922.48}{0.9} = 31024.97 \text{ W}$$

### **Potencia aparente del regulador**

$$S_{CCR}(VA) = \frac{P_{CCR}}{fp_{CCR}} \text{ (11)}$$

$$S_{CCR}(VA) = \frac{31024.97}{0.8} = 38781.22$$

$$S_{CCR}(VA) = \frac{38781.22}{2} = 19390.6 \text{ VA}$$

*La potencia total CCR es 38781.22 VA, como son dos circuitos se divide para dos 19390.6 VA (se elige el de 20 KVA)*

Las potencias de los reguladores son de: 3; 4; 5; 7.5; 10; 12.5; 15; 17.5; 20; 25 y 30 KVA.

**Por lo que se elige dos reguladores de 20 KVA por cada circuito.**

- b) Regulador de corriente constante para calle de rodaje, conectadas a lámparas elevadas y empotradas con un consumo de 90 lámparas de 10 vatios y 2 de 15 vatios.
- c) Regulador de corriente constante para sistema PAPI, con un consumo de 08 lámparas de 200 vatios.
- d) Regulador de corriente constante para sistema APROXIMACIÓN, con un consumo de 45 lámparas de 300 vatios.

La (TABLA 3.8) muestra en resumen la potencia de los reguladores de corriente.

**TABLA 3.8. POTENCIA DE REGULADORES**

SISTEMA POTENCIA	ILUMINACIÓN DE PISTA	CALLE RODAJE (TAXI WAY)	PAPI	APROXIMACIÓN
PL (POTENCIA DE LÁMPARAS)	25920	930	1600	13500
Ps (PÉRDIDAS CABLE CIRCUIT SECUNDARIO)	186,6	186,6	15,55	83,97
Pc (PÉRDIDA EN CONECTORES)	522,13	22,33	32,3	271,68
Pp (PÉRDIDA CABLE CIRCUITO PRIMARIO)	1293,73	646,87	1034,99	1423,1
P (POTENCIA TOTAL REQUERIDA)	27922,46	1785,8	2682,84	15278,75
P(W) 0,9	31024,97	1984,2	2980,9	16976,4
S(VA) 0,8	38781,22	2480,3	3726,2	21220,5
N. CIRCUITO	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>POTENCIA RCC (KVA)</b>	<b>20</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12,5</b>
<b>POTENCIA DE FÁBRICA RCC: (3 - 4 - 5 - 7,5 - 10 - 12,5 - 15 - 17,5 - 20 - 25 - 30)</b>				

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE

### **3.6.3. Dimensionamiento de conductores (torres de iluminación).**

Se justifica el diseño y uso de conductores eléctricos mediante las ecuaciones y conceptos eléctricos descritos en el marco teórico del capítulo I.

Considerando:

- a) La Cámara de transformación CT1, alimenta a dos torres de iluminación de plataforma ubicadas en la parte sur. Cada torre tiene cinco lámparas de 1000 W, la distancia más alejada de la torre hacia la fuente de alimentación es de 150 metros. Con dos circuitos de funcionamiento al 40% (2 lámparas de 1000 W) y otro al 60% (3 lámparas de 1000 W).

#### **1.3.6.3. Cálculo considerando capacidad de corriente:**

La corriente (  $I_{N40\%}$  ) por consumo será la suma de las dos lámparas de 1000 watts.

Despejando la intensidad de corriente de la fórmula (2) se tiene:

$$I_{N40\%} = \frac{2000 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_{N40\%} = 9.09 \text{ A}$$

De la fórmula (1) aplicando el factor de seguridad se tiene:

$$I = 1.25 * I_N$$

$$I = 1.25 * 9.09$$

$$I = 11.4 \text{ A}$$

En la tabla técnica para conductor TW – cobre – 600V – 60° C, con la corriente aproximada de 15 amperios (TABLA 1.1).

$$I \approx 15 \text{ A } \textbf{Calibre 14 AWG}$$

La corriente (  $I_{N60\%}$  ) por consumo será la suma de las tres lámparas de 1000 watts.

Despejando la intensidad de corriente de la fórmula (2) se tiene:

$$I_{N60\%} = \frac{3000 \text{ W}}{220 \text{ V}}$$

$$I_{N60\%} = 13.64 \text{ A}$$

De la fórmula (1) aplicando el factor de seguridad se tiene:

$$I = 1.25 * I_N$$

$$I = 1.25 * 13.64$$

$$I = 17.05 \text{ A}$$

En la tabla técnica para conductor TW – cobre – 600V – 60° C, con la corriente aproximada de 20 amperios (tabla 1.2).

$$I \approx 20 \text{ A } \textbf{Calibre 12 AWG}$$

Considerando que todas las torres de iluminación de plataforma tienen la misma cantidad de lámparas e igual potencia, se aplicará el mismo criterio para el dimensionamiento de conductores.

### **2.3.6.3. Cálculo considerando la caída de voltaje admisible**

La distancia más alejada o desfavorable para este cálculo es de 150 metros.

Conductividad del conductor de cobre a 60° C es 48 (TABLA 1.2)

La caída de tensión se considera el 3 %, o sea de 220 V es 6.6 V

Entonces:

#### **Para una potencia de 2000 watts (40%)**

Aplicando la fórmula (3) se tiene:

$$S_{40\%} = \frac{2 * 2000 * 150}{48 * 6.6 * 220}$$

$$S_{40\%} = 8.6 \text{ mm}^2$$

En la TABLA 1.2 para conductor TW – cobre – 600V – 60°C, con la sección más cercana es 13.29 mm<sup>2</sup>, corresponde al **calibre 6 AWG.**

#### **Para una potencia de 3000 watts (60%)**

Aplicando la fórmula (3) se tiene:

$$S_{60\%} = \frac{2 * 3000 * 150}{48 * 6.6 * 220}$$

$$S_{60\%} = 12.91 \text{ mm}^2$$

En la TABLA 1.1 para conductor TW – cobre – 600V – 60°C, con la sección más cercana es  $13.3 \text{ mm}^2$ , que corresponde al **calibre 6 AWG**.

- b) La Cámara de transformación CT2 alimenta a seis torres de iluminación de plataforma ubicadas en la parte centro y norte de la plataforma, cada torre tiene cinco lámparas de 1000 W y dos circuitos de funcionamiento al 40% (dos lámparas) y otro al 60% (tres lámparas).

**TABLA 3.9. RESUMEN CÁLCULO CALIBRE CONDUCTOR**

DATOS	LONGITUD	CAPACIDAD DE CORRIENTE		CALIBRE AWG		SECCIÓN CONDUCT.		CALIBRE AWG	
		40%	60%	40%	60%	40%	60%	40%	60%
TORRE 1	75	11,4	17,05	12	14	4,3	6,5	10	8
TORRE 2	90	11,4	17,05	12	14	5,2	7,7	10	8
TORRE 3	150	11,4	17,05	12	14	8,6	12,9	6	6
TORRE 4	225	11,4	17,05	12	14	12,9	19,4	6	4
TORRE 5	335	11,4	17,05	12	14	19,2	28,8	4	2
TORRE 6	400	11,4	17,05	12	14	23,0	34,4	2	2
TORRE 7	150	11,4	17,05	12	14	8,6	12,9	6	6
TORRE 8	80	11,4	17,05	12	14	4,6	6,9	10	8
VOLTAJE	220								
POTENCIA 40%	2000 W								
POTENCIA 60%	3000 W								
CONDUCTIVIDAD	48								
CAIDA VOLT. 3%	6,6								

**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

En la TABLA 3.9 muestra en resumen los resultados de los cálculos que se obtienen aplicando las fórmulas y criterio anterior. Se evidencia entonces que para la selección del calibre del conductor que se utiliza para la acometida eléctrica de las torres de iluminación será de acuerdo a la caída de voltaje, debido a las distancias, ya que por capacidad de conducción de corriente los calibres de los conductores son menores y se mantienen constantes.

Es así que la torre número 6 siendo la más alejada de la toma de alimentación con una distancia de 400 metros se utilizará un conductor de calibre número 2 AWG. La torre número 1 con la distancia menor de 75 metros requiere un conductor número 8 AWG.

#### ***3.6.4. Justificación técnica del dimensionamiento de protecciones eléctricas y contactores (torres de iluminación.)***

El dispositivo seleccionado para protección de sobreintensidad o cortocircuito es el interruptor termomagnético, que se dimensionan considerando las corrientes para selección del conductor así:

Interruptor termomagnético bifásico (40% 2 lámparas 1000 W) = 16 amperios,  
corriente calculada de 11.4 amperios

Interruptor termomagnético bifásico (60% 3 lámparas 1000 W) = 20 amperios,  
corriente calculada de 17.05 amperios

Interruptor termomagnético bifásico principal CT1 (100% 5 lámparas de 1000 W).- Factor seguridad 1.5 = 34 amperios calculados, se elige el de 40 amperios

$$I = \frac{P}{V} = \frac{5000 W}{220 V} = 22.73 * 1.5 = 34 A (2)$$

Interruptor termomagnético trifásico general CT1(2 torres de iluminación).- Factor de seguridad 1.5 = 39.87 amperios calculados, se elige el de 50 amperios

$$I = \frac{P}{\sqrt[3]{V}} = \frac{10000 W}{\sqrt[3]{220 V}} = 26.58 * 1.5 = 39.87 A$$

Los contactores se dimensionan de acuerdo a la capacidad de los interruptores termomagnéticos y con un voltaje de alimentación a las bobinas de 220 voltios.

Contactador 40%(2 lámparas 1000 W) = Schneider LC1D18 (18 amperios),  
interruptor termomagnético de 16 amperios.

Contactor 60%(3 lámparas 1000 W) = Schneider LC1D25 (25 amperios),  
interruptor termomagnético de 20 amperios.

Esta consideración se mantiene para todas las torres, únicamente en el tablero de control para las seis torres el interruptor termomagnético general es de 100 amperios, ya que controla el encendido de las seis torres de iluminación, que por operación la probabilidad de que esto ocurra es mínima.

$$I = \frac{P}{\sqrt[3]{V}} = \frac{30000W}{\sqrt[3]{220 V}} = 79.74 * 1.5 = 119.61 A$$

### ***3.6.5. Justificación técnica del dimensionamiento de conductores (iluminación de pista).***

El conductor será de cobre tipo TTU (Thermoplastic (or Thermoset) Insulation, Thermoplastic Jacket. Underground) (termoplástico o termoestable con chaqueta de aislamiento- abajo de la tierra). Utilizados para circuitos de fuerza y son especialmente aptos para instalaciones a la intemperie o directamente enterrados en lugares secos o húmedos

Considerando:

- a) Qué el sistema de iluminación de pista, tiene la mayor carga instalada y una distancia aproximada de 4 Kilómetros de pista a una corriente constante máxima de 6.6 amperios.

#### **Cálculo considerando la capacidad de corriente:**

La tensión de servicio es el resultado de dividir la potencia máxima del regulador para la intensidad media constante que en este caso es de 6.6 amperios, dando como resultado 3030 voltios.

$$V = \frac{P_{RCC}}{I} = \frac{20KW}{6.6 A} (2)$$

$$V = 3 030 \text{ voltios.}$$

La corriente máxima que circula en el circuito serie de iluminación de la pista es de 6.6 amperios que corresponde máximo al brillo 5.

$$I = 1.25 * I_N(1)$$

$$I = 1.25 * 6.6$$

$$I = 8.25 A$$

En la tabla técnica para conductor TW – cobre – 600V – 60° C, con la corriente aproximada de 15 amperios (tabla 16).

$$I \approx 15 A \text{ **Calibre 14 AWG**}$$

**Cálculo considerando la caída de tensión admisible (tabla 16).**

La distancia estimada para este cálculo es de 4000 metros, porcentaje admisible de caída de tensión del 5%.

Entonces:

$$S = \frac{2 * 16960 * 4000}{48 * 151.5 * 220} (3)$$

$$S = 6,15 \text{ mm}^2$$

En la tabla técnica para conductor TW – cobre – 600V – 60°C, con la sección más cercana es  $8.32 \text{ mm}^2$ , corresponde al **calibre 8 AWG**.

**Por lo que se ha elegido para todo los circuitos el conductor de cobre TTU 8 AWG con una tensión de aislamiento de 5000 voltios.**

Los transformadores de aislamiento sirven 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 justamente aislar eléctricamente entre sí la lámpara y el circuito de alta tensión con fines de seguridad.

Un transformador de aislamiento consiste en un devanado primario y en otro secundario, enrollado sobre un núcleo magnético y encerrado por una envoltura

por donde salen hilos del primario y del secundario. 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.

Frecuentemente las potencias que se usan son de 30; 45; 65; 100; 200; 300 y 500 vatios, a una frecuencia de 50/60 Hz.

### 3.6.6. Cálculo de protecciones

Una vez que se determinan la potencia de los reguladores de corriente constante es importante determinar los breaker que se han de ubicar en el CCR y en el tablero de protecciones, para lo cual se puede identificar en la siguiente tabla orientativa (TABLA 3.10).

**TABLA 3.10. TABLA ORIENTATIVA**

TABLA ORIENTATIVA						
POTENCIA	V in	I in	Breaker en CCR	Breaker en cuadro de distribución	Conductores de Fases	Conductor tierra
3kVA	230V	15A	1 pole 20A, c-curve	1 pole 25A, c-curve	4 mm <sup>2</sup>	2,5mm <sup>2</sup>
4 kVA	230V	20A	1 pole 25A, c-curve	1 pole 35A, c-curve	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>
5kVA	400V	14,4A	2 pole 20A, c-curve	2 pole 25A, c-curve	4 mm <sup>2</sup>	2,5mm <sup>2</sup>
7,5kVA	400V	21,6A	2 pole 25A, c-curve	2 pole 35A, c-curve	6 mm <sup>2</sup>	4 mm <sup>2</sup>
10kVA	400V	28,8A	2 pole 40A, c-curve	2 pole 50A, c-curve	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
12,5kVA	400V	35,9A	2 pole 50A, c-curve	2 pole 63A, c-curve	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
15kVA	400V	43,1A	2 pole 50A, c-curve	2 pole 63A, c-curve	10 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
17,5kVA	400V	50,3A	2 pole 63A, c-curve	2 pole 80A, c-curve	16 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
20kVA	400V	57,5A	2 pole 80A, c-curve	2 pole 100A, c-curve	16 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
25kVA	400V	71,9A	2 pole 80A, c-curve	2 pole 100A, c-curve	16 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>
30kVA	400V	86,3A	2 pole 100A, c-curve	2 pole 125A, c-curve	25 mm <sup>2</sup>	16 mm <sup>2</sup>

**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE**

### **3.7. Instalación, ajustes y puesta en operación**

Se debe tener en cuenta las normas técnicas que regulan para la realización del estudio previo a la instalación.

Para la selección de equipos se debe satisfacer las más recientes especificaciones y recomendaciones OACI, en cuanto al material debe ser sólido y confiable que soporten condiciones atmosféricas como: humedad, arena, calor, etc., basándose en la calidad y el rendimiento del producto; ya que los aeródromos presentan necesidades únicas tanto del medio ambiente, como mecánicas y fotométricas.

La alimentación de los equipos se lo realiza en circuito en serie, ya que la conexión en paralelo genera caídas de tensión progresivas de una baliza a otra. Los conductores eléctricos de un balizaje de pista se extienden sobre varios kilómetros.

Cada circuito del balizaje está asociado a un regulador de corriente cuya potencia dependerá principalmente del número de lámparas instaladas. El circuito en serie (circuito primario) conecta los transformadores de aislamiento y si ocurre una falla en el transformador o circuito secundario, permite la continuidad de corriente al resto de balizas.

Generalmente un transformador alimenta solo a una baliza, por lo que la potencia de la lámpara será la potencia del transformador requerido.

Una vez que se haya seleccionado los equipos y material eléctrico de acuerdo a las normas técnicas que la regulan se procede a considerar la instalación en el lugar seleccionado, los trabajos de instalación deben conducir a alcanzar un alto grado de seguridad en el funcionamiento.

La instalación de luces empotradas se debe en lo posible utilizar una técnica especial que consiste en perforar y cortar el recubrimiento (asfalto), luego con la ayuda de herramientas diamantadas se realiza el corte necesario para la instalación de la acometida eléctrica hacia los respectivos pozos o cajas de revisión eléctricas.

De acuerdo al diseño del sistema de iluminación. Una luz empotrada, una vez instalada no se descalibra más, basta que su cobertura de haz sea ligeramente mayor que la cobertura requerida.

Los transformadores de aislamiento en lo posible serán instalados en sus respectivas bases metálicas, las mismas que soportan a las luces que serán empotradas o elevadas.

Una luz elevada tiene más oportunidad de descalibrarse ya sea por el choque de vehículos que circulan por el aeródromo, chorro de aire producido por motores o turbinas, etc. La OACI pide por precaución que la apertura de su haz de luz sea aumentada en dos grados, sin embargo es necesario supervisar los ajustes en forma periódica.

Los cables eléctricos serán llevados por medio de ductos PVC de dos pulgadas mismos que recorren en seis circuitos alrededor de la pista e interconectados entre el cuarto de reguladores, torre de control y cuartos de generación energía secundaria.

Los indicadores de pendiente PAPI luego de la instalación deberán ser calibrados u homologados en forma periódica con una avioneta laboratorio siguiendo recomendaciones de la normativa con un ángulo de descenso que será de 3.2 grados.

La puesta en operación es un asunto de pruebas y de control del sistema de ayudas visuales luminosas de manera integrada en los términos del diseño.

**FIGURA 3.7. SISTEMA AYUDAS VISUALES LUMINOSOS**



**FUENTE: AEROPUERTO INTERNACIONAL COTOPAXI  
AUTOR: POSTULANTE**

La FIGURA 3.7 muestra el sistema de ayudas visuales para la navegación aérea del Aeropuerto Internacional Cotopaxi.

### **3.8. Guía de mantenimiento de balizaje luminoso**

#### ***3.8.1. Introducción***

En éste capítulo y con el afán de cumplir el objetivo administrativo se presenta a continuación en resumen una guía del mantenimiento de las ayudas visuales, pese a que actualmente presenta un nivel elevado de confiabilidad, aun así deben tomarse todas las precauciones de integridad de los sistemas eléctricos y luminosos, para contribuir con la seguridad operacional.

El mantenimiento del balizaje tiene como objeto mantener en condiciones operativas el área de maniobras y el área de movimiento en el aeropuerto. Abarca el conjunto de medidas que permiten mantener o restablecer el estado funcional de los equipos, sistemas eléctricos y luminosos con el fin de eliminar o disminuir los riesgos de fallas en operación.

### ***3.8.2. Campo de Aplicación***

El balizaje luminoso es considerado como un sistema íntegro que comprende no solamente como elementos aislados de luces de señalización aeronáutica, sino también de equipos de comando/control (telecomando), reguladores de corriente constante, sistemas eléctricos.

### ***3.8.3. Control Remoto (Telecomando)***

El término telecomando se refiere al conjunto de equipos que permiten el comando, el control y la vigilancia automática de las diferentes funciones de sistemas de iluminación.

El sistema IHM (Interface Hombre Máquina) compuesta generalmente de un computador y/o de una pantalla táctil o un tablero de control con botoneras; mismo que controla el encendido, apagado, gama de brillos de las diferentes configuraciones del balizaje luminoso.

Test de funcionamiento: se trata de efectuar, desde la posición de control de vigilancia (Torre de Control), las acciones para la activación de las diferentes funciones de los sistemas de iluminación con la finalidad de verificar visualmente la gestión entre la pantalla mímico y la verificación visual para constatar una coherencia lógica de los retornos de la información y la ausencia de fallas en los diferentes sistemas de iluminación. Esta tarea también se la realiza todos los días en la mañana en un recorrido visual de pista en donde si existiera alguna novedad realizar las labores de mantenimiento respectivas.

Mantenimiento del Armario mecánico: se trata de garantizar el buen funcionamiento del armario eléctrico verificando el estado general de la estanqueidad, limpieza interna, reajuste periódico de elementos eléctricos, sujeción mecánica, funcionamiento de los LED indicadores que indican el correcto funcionamiento de elementos electrónicos.

Este tiene incorporado una tapa de vidrio por lo que al ser transparente permite realizar las actividades de verificación visual con seguridad y con una periodicidad de al menos una vez al mes.

#### ***3.8.4. Regulador de corriente constante (RCC)***

De manera general los reguladores alimentan de corriente constante a un circuito serie conectados a través de un transformador de aislamiento a las luces del balizaje, los cuales son operados a control remoto desde la Torre de control o en forma local desde los mismos reguladores a cinco niveles de intensidad eléctrica: (2.8 – 3.4 – 4.1 – 5.2- 6.6) amperios y disponibles desde potencias desde 1 KVA a 30 KVA.

El servicio de mantenimiento debe asegurar en todo momento, que los aparatos e instalaciones a su cargo están siempre a punto, y que las averías que se producen durante la fase de marcha tienen una pronta reparación, para que la repercusión en el conjunto de la instalación sea la menor posible.

Formas de mantener el Regulador de Corriente Constante.

Mejorando la instalación se puede conseguir:

- Eliminar problemas y averías.
- Este tipo de mantenimiento debe hacerse tras estudiar los problemas y analizar las causas.
- Toda la instalación es mejorable. Lo importante es evaluar si la mejora es rentable.

#### ***1.3.8.4. Inspecciones periódicas.***

*Primeros meses:*

Durante los primeros meses de uso es conveniente revisar el apriete de las conexiones, sobre todo aquellas del cableado de potencia tanto la de baja como la de alta tensión.

- Interruptor magnetotérmico de alimentación, contactor, tiristor, primario del transformador de potencia.
- Secundario del transformador de potencia, descargadores atmosféricos (pararrayos), etc.

*Anualmente:*

- Para asegurar la correcta refrigeración del equipo se debe eliminar el polvo de todas las rejillas de ventilación.
- Quitar la tapa superior del armario y eliminar el polvo acumulado en las tarjetas electrónicas.
- Comprobar las conexiones de potencia (cableado de alimentación, circuito de iluminación, tierra, etc.)
- Verificar todas las funciones del equipo, tanto en control local como en remoto.

*Cada tres años:*

Estas operaciones se deben llevar a cabo con una frecuencia que depende del uso del regulador de corriente:

- Inspección visual general.
- Comprobar todas las conexiones internas y apriete.
- Verificar la correcta medida de la corriente de salida, comprobando el valor mostrado en la pantalla con el valor medido con un amperímetro de verdadero valor eficaz (RMS) y una pinza amperimétrica de suficiente precisión.

En el caso de discordancia, se debe llevar a cabo una nueva calibración del CCR.

Ante posibles fallos (TABLA 3.11) en el funcionamiento del CCR, hay que tener en cuenta los fusibles que se encuentran en la placa madre. En el display tiene la capacidad de detectar posibles fallos como:

- Fallo de alimentación
- Fallo por circuito abierto
- Fallo por sobrecarga

**TABLA 3.11. POSIBLES FALLOS**

SÍNTOMA	FALLO	ACCIÓN
El CCR se ha parado Mensaje de pantalla: “Alarma: Mala Alimentación”	Fallo de Alimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprobar voltaje de alimentación.</li> <li>✓ Comprobar los parámetros ajustados en el menú “Configuración”</li> </ul>
El CCR se ha parado Mensaje de pantalla: “Alarma: I<<Circ. Abierto”	Lazo de carga abierto	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir la continuidad del lazo de carga.</li> </ul>
	Corriente de salida < 0.1 A durante más de 500 ms	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir el valor de la corriente de salida.</li> <li>✓ Alta impedancia en el lazo de carga causado por la conmutación de circuito.</li> </ul>
	Fallo de comunicación entre tarjeta de medida y tarjeta madre	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprobar el estado de los conectores y del cable plano que comunican a ambas tarjetas</li> </ul>
	Fallo en el disparo de los tiristores	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir el estado de los tiristores.</li> <li>✓ Comprobar sus conexiones.</li> </ul>
	Detección de los niveles de protección en la tarjeta madre	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Comprobar los niveles ajustados en el menú “Alarmas y Advertencias” y luego “Circuito Abierto”</li> </ul>
	Tiristores defectuosos (abierto)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Medir el estado de los tiristores.</li> </ul>
	Corriente de salida > valor configurado	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Baja impedancia en el lazo de carga causada por la conmutación de circuito.</li> </ul>

<p>El CCR se ha parado Mensaje de pantalla: “Alarma: I&gt;&gt; Nivel 1, 2, o 3” O</p> <p>“Alarma: I&gt;&gt; Valor de pico”</p>	<p>Sobrecarga causada por la disminución de impedancia por conmutación de circuito</p>	<p>✓ Comprobar la adaptación de la carga a la potencia suministrada por el transformador de potencia, según la conexión realizada en sus bornes del secundario.</p> <p>✓ Comprobar el número de lámparas fundidas.</p>
	<p>Desconexión o fallo en los cables de fibra óptica</p>	<p>✓ Comprobar el estado de los cables de fibra óptica entre la tarjeta de regulación y la tarjeta de control de tiristores.</p>
	<p>Tiristores defectuosos (cortocircuito)</p>	<p>✓ Medir el estado de los tiristores.</p> <p>✓ Prueba de Sobrecarga.</p>
	<p>Niveles demasiado bajos</p>	<p>✓ Comprobar los niveles ajustados en el menú “<i>Alarma y Advertencias</i>” y luego “<i>Sobrecarga</i>”.</p>
<p>Corriente de salida para una carga insuficiente, ajustada a una posición menor de 8/8</p> <p>Mensaje de pantalla: “Advertencia: Error de</p>	<p>Sobrecarga</p>	<p>✓ Comprobar la adaptación de la carga a las bornes del secundario del transformador de potencia.</p>
	<p>Elevado número de transformadores abiertos del circuito serie</p>	<p>✓ Comprobar el número de transformadores del circuito serie abiertos o la cantidad de lámparas fundidas.</p>
	<p>Potencia insuficiente del CCR</p>	<p>✓ Comprobar que la potencia necesaria para alimentar la</p>

Regulación”		carga conectada no es mayor a la potencia nominal del CCR.
El display permanece apagado cuando se energiza el CCR	Fallo de Alimentación	✓ Comprobar el interruptor magnetotérmico de alimentación.
	Fallo de Alimentación en la Tarjeta Madre	✓ Comprobar los fusibles F1 y F2 de la Tarjeta Madre
El CCR no opera a través del Control Remoto	Fallo en el fusible del control remoto	✓ Comprobar el fusible F5 de la tarjeta madre.
	Configuración errónea del control remoto	✓ Comprobar la configuración del control remoto.
	Voltaje de control remoto insuficiente	✓ Comprobar el voltaje de control remoto (de 20 a 60 Vdc).
Algunos niveles de brillo no operan en control remoto	Fallo de comunicación	✓ Comprobar el cableado del control remoto.
	Fallo de alimentación	✓ Comprobar el fusible F3 de la tarjeta madre.
Fallos de los fusibles de protección durante las órdenes de brillo	Fallo de tiristores	✓ Comprobar el estado de los tiristores.
	Fallo en la tarjeta de control de tiristores	✓ Reemplazar la tarjeta.
El contactor no se activa	Fallo de alimentación	✓ Comprobar el fusible F4 de la tarjeta madre.

FUENTE: GESI ESPAÑOLA (CURSO)  
AUTOR: POSTULANTE

### ***3.8.5. Indicador de trayectoria de aproximación de precisión PAPI***

El Indicador de Trayectoria de Aproximación de Precisión (más conocido como PAPI por las siglas del término en inglés, Precision Approach Path Indicator) es un sistema de luces que se colocan a los costados de la pista de aterrizaje/despegue. Consiste en cajas de luces que ofrecen una indicación visual (3.2° como regla general) de la posición de un avión sobre la trayectoria de aproximación asociado a una pista de aterrizaje/despegue en particular.

Un sistema PAPI de aeropuerto está formado en general por cuatro unidades, dispuestas a un lado de la pista, preferiblemente la izquierda (vista sentido de aproximación), a fin de formar una barra, la misma que produce un haz luminoso, con la parte superior blanca y la inferior roja, con una transición brusca y su trabajo está basado en un principio óptico.

Es por lo que después de su montaje y primera calibración, es necesario realizar planes de verificación que garanticen un trabajo confiable.

#### ***1.3.8.5. Inspecciones periódicas.***

##### *Control Diario.*

Comprobar su condición general, para ello se debe considerar:

- Que todas las lámparas estén encendidas y que su brillantez sea homogénea, de lo contrario cambiarlas;
- Revisar el funcionamiento eléctrico.

##### *Control mensual.*

- Control visual de la vegetación delante de las unidades.
- Limpieza de las unidades y en particular los vidrios frontales.
- Verificación visual de las patas y sus fijaciones.
- Control visual de las transiciones.
- Control visual de los filtros rojos de los lentes y de sus focos.
- Verificar visualmente los ángulos de reglaje.

### *Control Anual.*

- Homologación de luces con avioneta laboratorio.
- Hay que indicar que un PAPI es puesto fuera de servicio si una sola unidad no cumple tan solo una de las razones siguientes:
  - Una luz fuera de servicio.
  - Haz luminoso descalibrado.
  - Transición rojo-blanco defectuosa (filtro deteriorado).
  - Una pata o su fijación destruida.

### **3.8.6. *Mantenimiento de las luces de balizaje***

Se pretende definir una lista de verificación a efectuarse sobre las luces de balizaje y se aplican a todos los tipos de luces, empotradas, elevadas o flash: luces de aproximación, de pista, calle de rodaje y de obstáculos.

### *Control Diario.*

- Inspección a las luces y reemplazo de las lámparas quemadas.
- Verificación de cables enredados.
- Equipo de control para el funcionamiento correcto de cada etapa de brillo, corrección o reparación en caso de mal funcionamiento.
- Inspección de la parte de vidrio; reemplazo de las partes rotas.

### *Control Anual.*

- Sujetadores de cada dispositivo; ajuste.
- Inspección de las luces; limpieza, pintura o reemplazo de las piezas oxidadas.
- Inspección estanqueidad y sellado de las lámparas; reemplazo de los sellos.
- Inspección del nivel parte óptica y alineación horizontal; calibración.
- Inspección estado de conectores y cables.
- Inspección de la estructura de fijación, para verificar su ajuste y la presencia de corrosión y oxidación; ajuste de los elementos de fijación.

*Control Ocasional.*

- Reglaje de elevación y alineación horizontal de los dispositivos luminosos, después de tormentas, topes accidentales; calibración y ajuste.
- Inspección de la presencia de hierbas, polvo, etc. Que obstruyan los dispositivos luminosos, eliminación de obstáculos.

### **3.9. Conclusiones**

- Existe la necesidad absoluta de modernizar los sistemas de ayudas visuales luminosas del Aeropuerto Internacional Cotopaxi, que contribuirá al mejoramiento en materia de seguridad de las operaciones aéreas, tal y como se determina mediante la verificación del problema en el campo, entrevistas a los pilotos, quienes están directamente ligados o son usuarios del sistema de ayudas visuales.
- En base a un análisis técnico se propone instalar un sistema de luces de aproximación categoría I que reemplaza al sistema sencillo de aproximación anterior. El sistema de aproximación categoría I, permite contar con ayudas visuales que admiten las operaciones con una altura de decisión no inferior a 60 metros, por lo que tienen mayores ventajas en seguridad ante la aproximación sencilla.
- Es necesario la implementación de cuatro torres para la iluminación de la plataforma, que servirá para garantizar las actividades de movimiento como el embarque y desembarque tanto de pasajeros como de carga en forma segura. Con lo que se cumplirá la normativa OACI que establece un mínimo de 20 luxes.
- Se determina que es indispensable la renovación de las lámparas de taxi way ya que con la finalidad de dar solución a problemas de homologación y mantenimiento anteriormente analizados.
- Con respecto al sistema de control remoto electromecánico que maniobra el funcionamiento de los sistemas de ayudas visuales, se determina que debe ser cambiado por ser obsoleto. Con la desventaja de que el enlace entre subestaciones con una distancia de 3 Km. es a través de cable telefónico y 48 Vdc para su alimentación por lo que existe interferencia y problemas de funcionamiento

### **3.10. Recomendaciones**

- Luego de la implantación de los sistemas modernos de ayudas visuales, es necesario el entrenamiento adecuado del personal técnico, que ponga en práctica las tareas de mantenimiento preventivo que se menciona en el capítulo III. En caso de existir cualquier problema en la operación y/o mantenimiento, necesariamente se debe involucrar al personal técnico de mantenimiento del Aeropuerto Cotopaxi. Quienes son los encargados de la operación y mantenimiento de los mismos.
- Instalar el sistema de aproximación de categoría I con circuitos dobles en serie para incrementar su disponibilidad si por algún motivo falla un circuito ya que según la normativa con el 50% del sistema pueden continuar las operaciones aéreas.
- Implementar cuatro torres de iluminación, con una altura mínima de 20 metros con la finalidad de evitar deslumbramiento al piloto. En cada torre se debe incluir una lámpara de 1000 W de sodio para el rápido alumbrado del sector. Instruir a los señores Controladores de tráfico aéreo, quienes son los técnicos que operan directamente los sistemas de ayudas visuales instalados, para que controlen y hagan buen uso de los mismos, además con contribuyan al ahorro energético en la iluminación de plataforma y resto de sistemas.
- Instalar lámparas de tipo LED que están certificadas por la OACI con lo que se consigue: bajo consumo de energía eléctrica, alta eficiencia, incremento de vida útil hasta 50 veces respecto a las lámparas halógenas.
- Reemplazar el control remoto de sistemas de ayudas visuales por otro moderno que funcione mediante un software de gestión (mímico), a través de un enlace de fibra óptica con las subestaciones y que disponga de energía auxiliar y un sistema de energía ininterrumpida (UPS).

# BIBLIOGRAFÍA

## Citada

- NORMATIVA ECUATORIANA, *Aeródromos* 14, 2012 (Pág. 79, 82, 83, 84,85,86,87, 90, 91, 98, 99, 100, 101, 102, 118,119)
- OACI: *Anexo 14 Aeródromos*, 2002, Apéndice 2
- PLAN ESTRATÉGICO DGAC: *Rumbo hacia la seguridad y calidad operacional*, 2011-2015. Pág. 4
- ALPHA: *Manual balizaje luminoso*, 2009

## Consultada

- CROUSE-HINDS: *Constant Current Regulator L-829, Airport Lighting Products*, Doc. 9022, Windsor, 1995.
- CURSO AERÓDROMOS: *Grupo GESI-DAC*, 2014
- DIRECCIÓN DE AVIACIÓN CIVIL: *Recopilación de Derecho Aéreo del Ecuador*, Quito, 2000.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AVIACIÓN CIVIL: *Publicaciones de Información Aeronáutica*, Editorial AIS Ecuador, Quito, 2004.
- GILBERTO H.: *Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica*, 2002
- MTOP, *Especial Aeropuerto Cotopaxi*, 2011
- OACI: *Anexo 14 Aeródromos*, 3era. Edición, Windsor, 2002.
- OACI: *Anexo 15 Servicios de Información Aeronáutica*, 2da. Edición, Windsor, 1999.

## Básica.

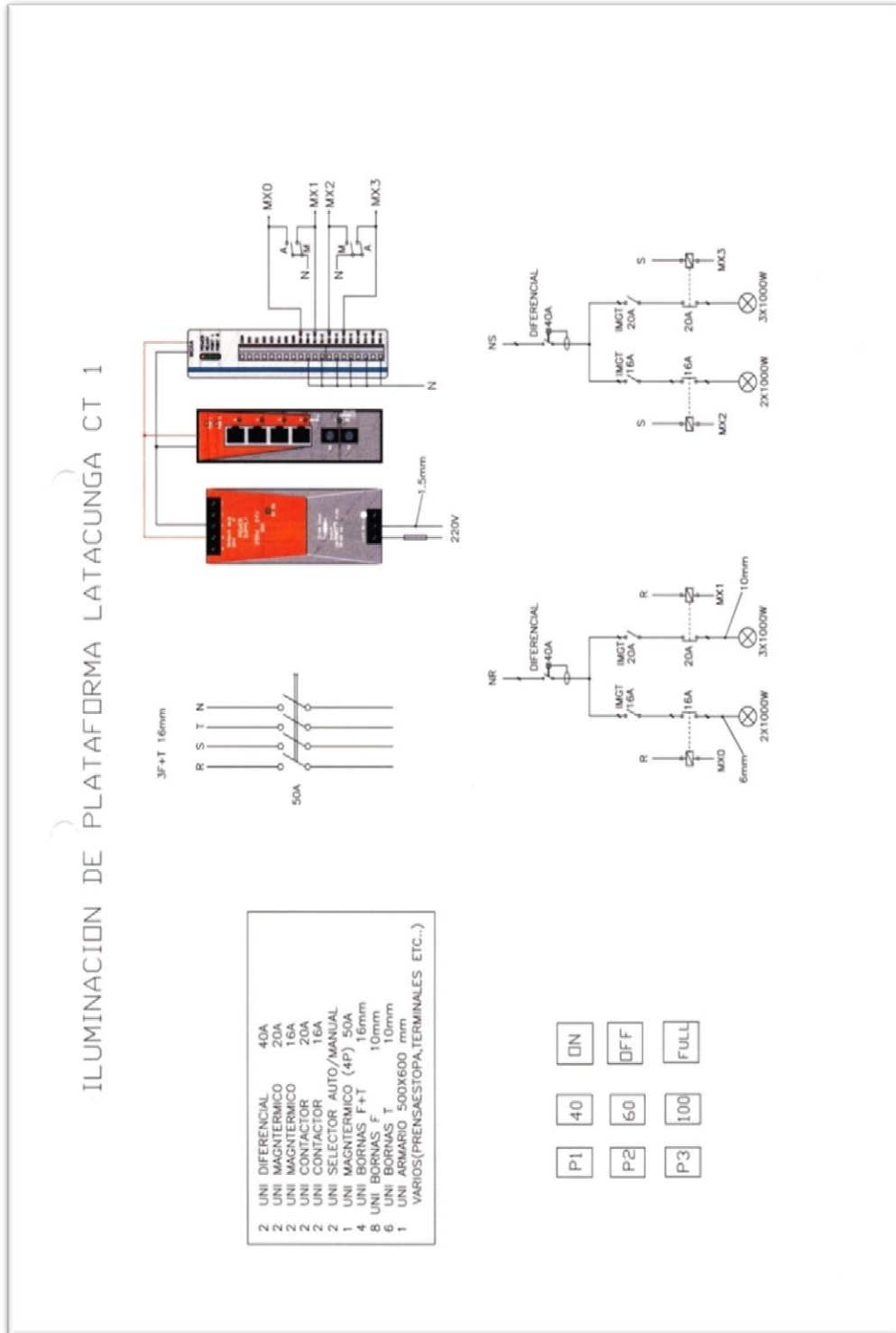
- HERRERA E Luis, *tutoría de la investigación científica.*, Maxtudio, Cuarta edición, 2004
- ROJAS, Raúl: *El Proceso de la Investigación Científica*, Edit. Trillas, México, 1995.

## **Páginas electrónicas**

- <http://www.aviacioncivil.gob.ec/>
- <http://www.aena.es/csee/Satellite/>
- <http://www.grupocecom.es/>
- <http://www.iacc.gob.cu/>
- <http://www.icao.int/SAM/Documents/2005/AIRPORTPAVEMENT/>
- <http://www.moxa.es/>
- <http://www.obraspublicas.gob.ec/>
- <http://www.ocem.com/>

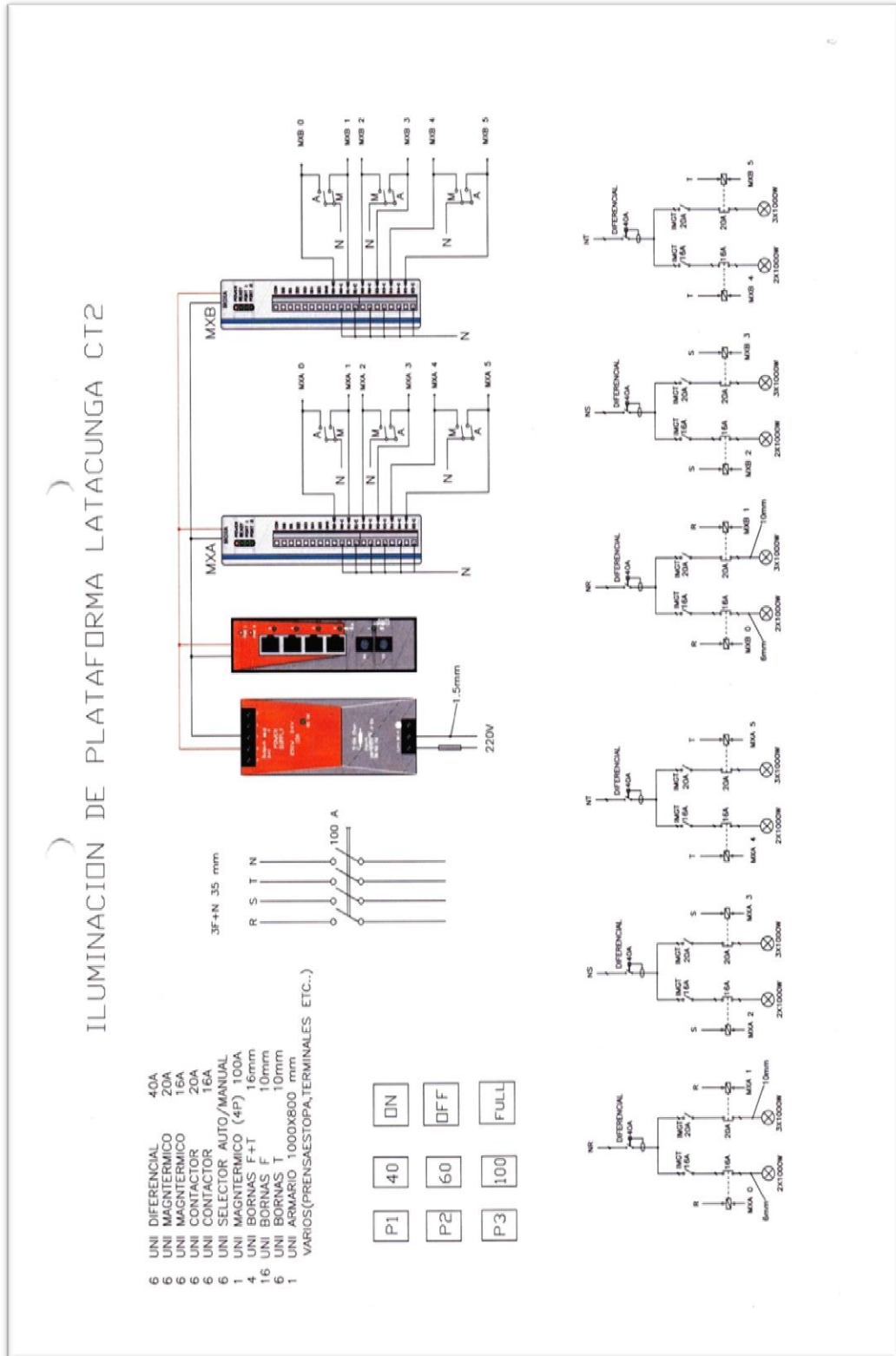
# ANEXOS

## ILUMINACIÓN DE PLATAFORMA CT1

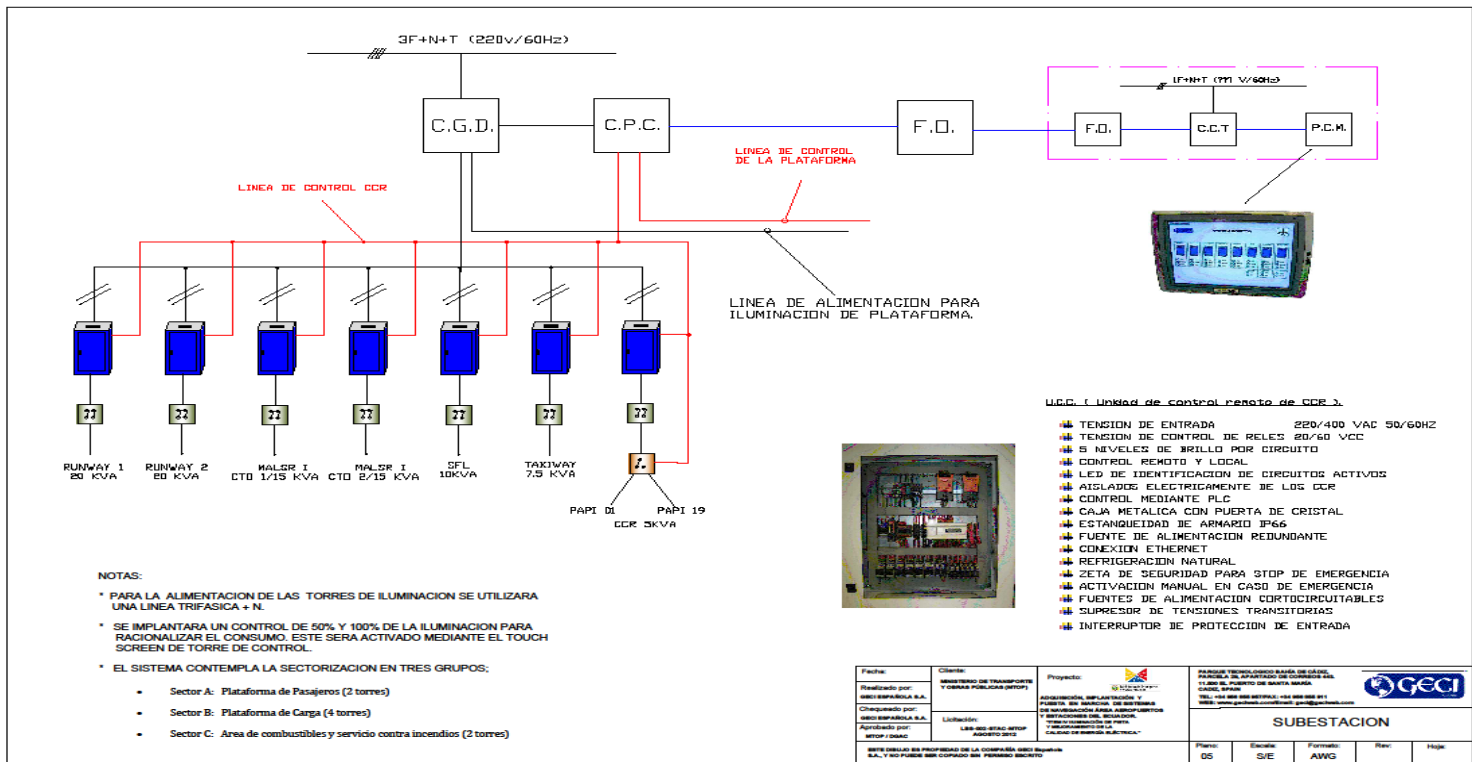


FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
 AUTOR: POSTULANTE

## ILUMINACIÓN DE PLATAFORMA CT2



**FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GES)  
AUTOR: POSTULANTE**

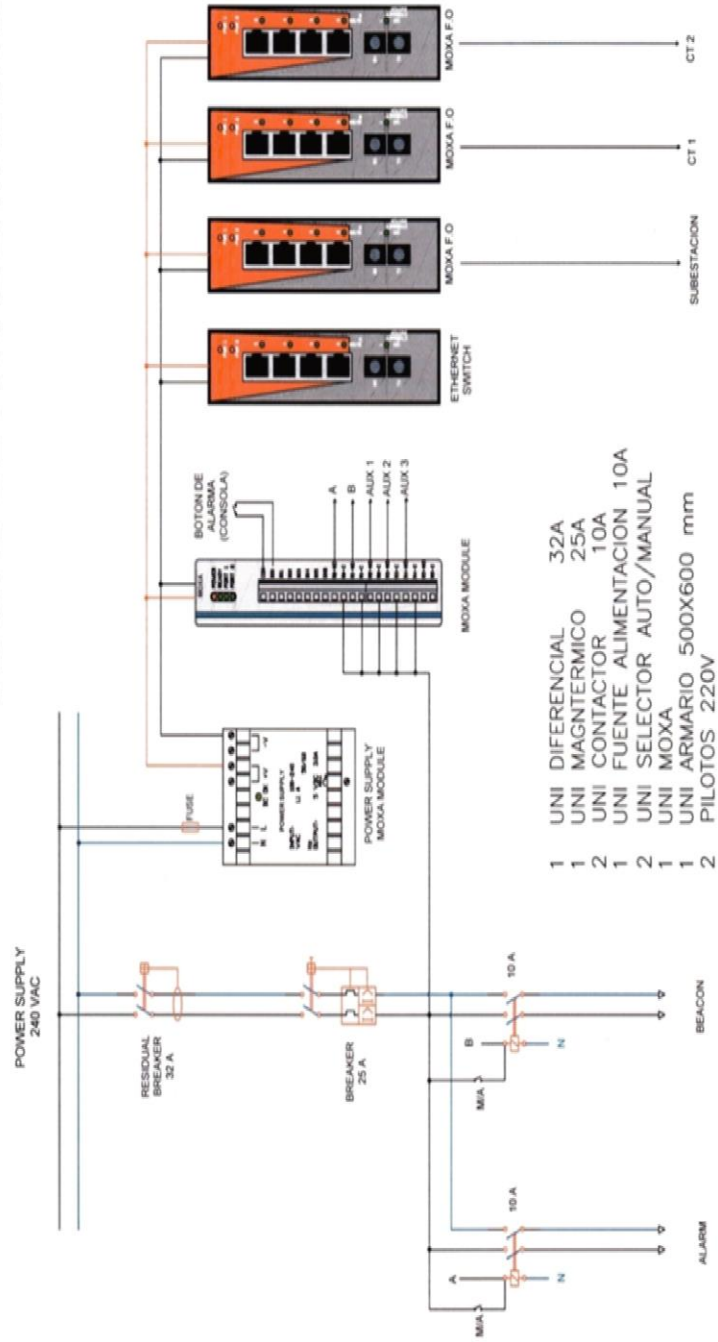


FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE

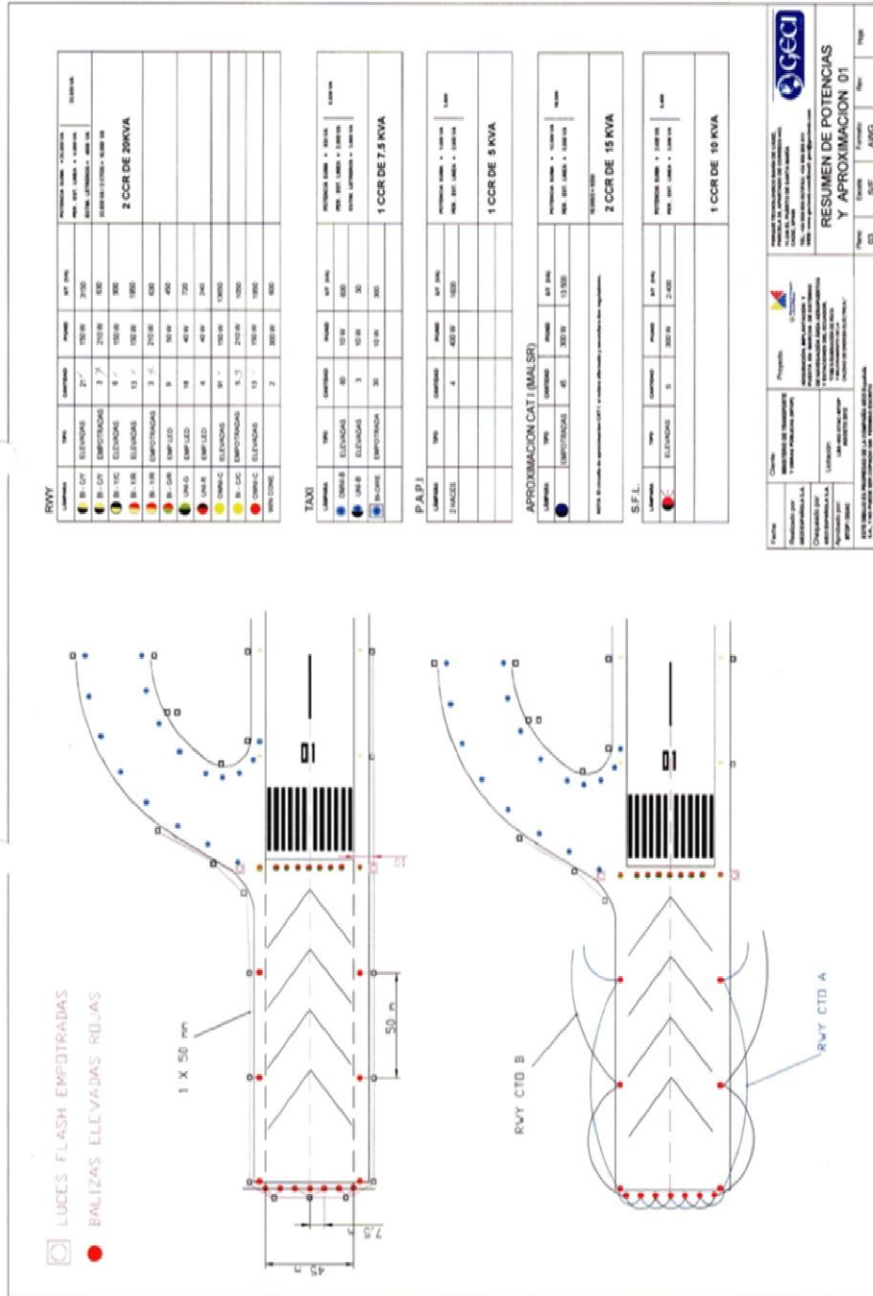




# CUADRO DE TORRE LATACUNGA



## RESUMEN DE POTENCIAS



FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
 AUTOR: POSTULANTE

## LÁMPARA DE TORRES ILUMINACIÓN

**COLOSSEUM**  
PROYECTOR PARA GRANDES ÁREAS

**COLOSSEUM**  
PROYECTOR PARA GRANDES ÁREAS

### Potencia ganadora

La serie COLOSSEUM luz en su máxima potencia. Una gama de proyectores en función de tamaño, para limpiar de descarga de potencia máxima 2000W. Una línea de producto enriquecida por una gran variedad de aplicaciones: simétrica, asimétrica y circular, con haces en forma de triángulo que cubren cualquier ángulo, desde la iluminación de tribuna con el deporte en la que se utilizan transmisiones por TV, hasta las instalaciones estadísticas de puentes y aeropuertos. Disponen también de versiones con tecnología de cliente y accesorios y vídeo-flicar matizado. COLOSSEUM una gama realmente ganadora.

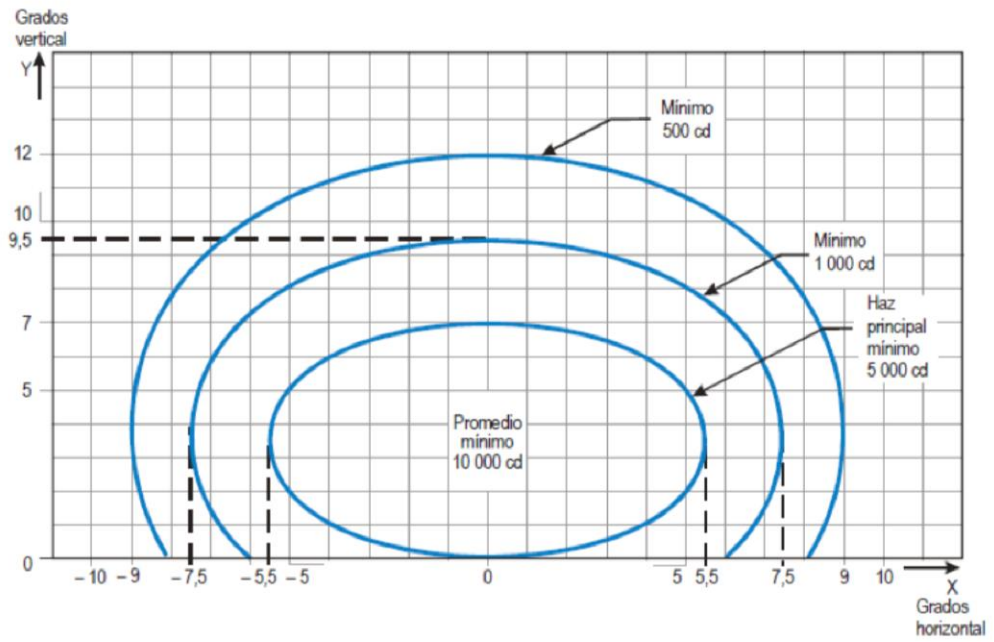
169

CATALOGO LIGHTING 2011 > PROYECTORES > MEDIA ALTA POTENCIA > SERIE COLOSSEUM

CATALOGO LIGHTING 2011 > PROYECTORES > MEDIA ALTA POTENCIA > SERIE COLOSSEUM

168

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE



Notas:

1. Curvas calculadas según la fórmula  $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$

a	5,5	7,5	9,0
b	3,5	6,0	8,5

2. Convergencia de 3,5°.

3. Para las luces amarillas, multiplíquense los valores por 0,40.

4. Véanse las notas comunes a las Figuras A2-1 a A2-11.

Figura A2-9. Diagrama de isocandelas para las luces de borde de pista cuando la anchura de la pista es de 45 m (luz blanca)

**FUENTE: ANEXO 14 - ERÓDROMOS**  
**AUTOR: POSTULANTE**



[www.ocem.com](http://www.ocem.com)  
[ocem@ocem.com](mailto:ocem@ocem.com)



## FP150

## LUZ ELEVADA PARA BORDE DE PISTA



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I Fig. A2-9, A2-10  
FAA: L-862 AC150/5345-46  
IEC: TS 61827  
OTAN: STANAG 3316  
CAA: CAP 168  
IAAE: TP312

### APLICACIONES

Borde de Pista y Umbral/Extremo de Pista OACI CAT I, II e III, FAA y militar  
Utilizado para Umbral/Extremo de Pista en pistas que no son de precisión OACI y OTAN

### VENTAJAS

- Sólo una lámpara, potencia de 150 W: sustitución rápida y fácil sin necesidad de herramientas
- Vida media de las lámparas 1500 horas a plena intensidad, y más de 3000 horas en las condiciones habituales de uso
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- Lente exterior de vidrio resistente al calor, con la superficie exterior lisa para facilitar el mantenimiento
- Lente interior consta de dos refractores para obtener todas las combinaciones de color
- Dirección de los haces ajustada de fábrica
- Componente omnidireccional supera los requisitos de las normas OACI
- La lente está unida mecánicamente al cuerpo por un anillo de retención y una junta dedicada. La sustitución es fácil y rápida y sin el uso de selladores
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución de la lámpara y de la lente
- Cono balizamiento diurno disponible bajo pedido

### PRESTACIONES

- Ligero y robusto gracias a la utilización de piezas de fundición de aluminio
- Alta resistencia a la corrosión mediante el uso de pintura en polvo
- El cuerpo está centrado sobre una columna a la que se fija por medio de cuatro tornillos de nivelación; la columna está provista de una ranura frangible
- Alta resistencia al chorro de las aeronaves debido al reducido tamaño, 320 mm de altura
- Grado de protección: IP44 (IP54 bajo pedido)
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- La luz puede ser instalada tanto sobre tubo acodado como sobre placa base
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa

  
Via della Solidarietà, 2/1  
40056 Valsamoggia Loc. Crespellano – Bologna (Italy)  
Tel: +39 051 66 56 611 - Fax: +39 051 66 56 677

 **OCEM**<sup>®</sup>  
AirfieldTechnology

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE



www.ocem.com  
ocem@ocem.com



# SLRE

## LUZ EMPOTRADA PARA BORDE PISTA



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I Fig. A2-9, A2-10  
 FAA: L-850C-D AC150/5345-46  
 IEC: TS 61827  
 OTAN: STANAG 3316  
 CAA: CAP 168  
 IAAE: TP312

### APLICACIONES

Borde Pista OACI CAT I, II e III, FAA y militar  
 Umbral/Estremo de Pista FAA

### VENTAJAS

- Vida media de las lámparas 1500 horas a plena intensidad, y más de 3000 horas en las condiciones habituales de uso
- Importante ahorro de energía y estabilidad de color gracias a la utilización de filtros dicróicos
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- Los prismas están engastados mecánicamente a la tapa de la luz mediante una placa de montaje; una junta especial de silicona evita el uso de selladores. Su sustitución se realiza de manera rápida y sencilla
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución de lámparas, filtros y prismas
- Válvula para prueba de presión
- Temperatura de la tapa por debajo del límite de 160°C a plena intensidad

### PRESTACIONES

- Resalte sobre el pavimento de 12,7 mm
- Bidireccional o unidireccional, diámetro 12"
- Luz resistente, y al mismo tiempo ligera, para una fácil manipulación en campo: tapa de aluminio de fundición y cubierta inferior de aluminio de fundición inyectada
- El canale óptico delante los prismas asegura protección contra residuos de caucho, rayones y choques, garantizando la salida de luz óptima y reduciendo considerablemente los costes de mantenimiento
- Junta tórica adicional en el exterior, alrededor de la tapa, para evitar la acumulación de suciedad entre la luz y el sistema de montaje
- Grado de protección: IP67
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- Adecuada para bases de diámetro 12"
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa

**EnergyTechnology**  
 Via della Solidarietà, 2/1  
 40056 Valsamoggia Loc. Crespellano – Bologna (Italy)  
 Tel: +39 051 66 56 611 - Fax: +39 051 66 56 677

**OCEM**  
 AirfieldTechnology

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
 AUTOR: POSTULANTE



# LERE

## LUZ ELEVADA LED PARA BORDE DE PISTA Y UMBRAL/EXTREMO DE PISTA



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I Fig. A2-3, A2-8, A2-9, A2-10  
FAA: L-862-E(L) AC150/5345-46 y EB No.67  
IEC: TS 61827  
OTAN: STANAG 3316  
CAA: CAP 168  
IAAE: TP312

### APLICACIONES

Borde de Pista y Umbral/Extremo de Pista OACI CAT I, II y III, FAA y militar

### VENTAJAS

- Larga vida de los LEDs: 60.000 horas al escalón de brillo máximo o más de 100.000 horas en condiciones normales de funcionamiento
- Una instalación nueva con luces LED significa menor carga y, en consecuencia, reguladores y transformadores más reducidos, lo que permite ahorros significativos en la instalación y gestión
- Emisión luminosa variable al igual que una lámpara halógena tradicional, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- Emisión directa de los LED: la ausencia de filtros de color asegura que no haya pérdidas de energía ni desplazamientos de color
- La compatibilidad con los circuitos serie existentes es completa\*
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- La pantalla de vidrio está unida mecánicamente al cuerpo por un anillo de retención y una junta dedicada. La sustitución es fácil y rápida y sin el uso de selladores
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución de los módulos LED y lentes
- Operación con cualquier tipo de regulador fabricado de acuerdo con las normas FAA o IEC

\* Para luces con monitorización, potencia máxima del transformador de aislamiento: 150 VA

### PRESTACIONES

- Electrónica robusta y altamente resistente a los choques y vibraciones
- Adaptación automática a la frecuencia de la corriente de suministro
- Equipada con dispositivo de protección contra sobretensiones, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- Detección inmediata de fallo interno
- Ligera y robusta gracias a la utilización de piezas de fundición de aluminio
- Alta resistencia a la corrosión mediante el uso de pintura en polvo
- El cuerpo está centrado sobre una columna a la que se fija por medio de cuatro tornillos externos de nivelación
- Alta resistencia al chorro de los aeronaves debido al reducido tamaño, 320 mm de altura
- Grado de protección: IP67
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- La luz puede ser instalada tanto sobre tubo acodado como sobre placa base
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa



# LETE

## LUZ ELEVADA LED PARA BORDE DE CALLE DE RODAJE



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I pár. 5.3.18.8  
FAA: L-861T(L) AC150/5345-46 y EB No.67  
IEC: TS 61827  
NATO: STANAG 3316  
CAA: CAP 168  
IAAE: TP312

### APLICACIONES

Borde de Calle de Rodaje OACI, FAA y militar

### VENTAJAS

- Larga vida de los LEDs: 60.000 horas al escalón de brillo máximo o más de 100.000 horas en condiciones normales de funcionamiento
- Una instalación nueva con luces LED significa menor carga y, en consecuencia, reguladores y transformadores más reducidos, lo que permite ahorros significativos en la instalación y gestión
- Emisión luminosa variable al igual que una lámpara halógena tradicional, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- Emisión directa de los LED: la ausencia de filtros de color asegura que no haya pérdidas de energía ni desplazamientos de color
- La compatibilidad con los circuitos serie existentes es completa\*
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- La lente está unida mecánicamente al cuerpo por un anillo de retención y una junta dedicada. La sustitución es fácil y rápida y sin el uso de selladores
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución del módulo LED y lente
- Operación con cualquier tipo de regulador fabricado de acuerdo con las normas FAA o IEC

\* Para luces con monitorización, potencia máxima del transformador de aislamiento: 200VA

### PRESTACIONES

- Electrónica robusta y altamente resistente a los choques y vibraciones
- Adaptación automática a la frecuencia de la corriente de suministro
- Equipada con dispositivo de protección contra sobretensiones, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- Detección inmediata de fallo interno
- Ligera y robusta gracias a la utilización de piezas de fundición de aluminio
- Alta resistencia a la corrosión mediante el uso de pintura en polvo
- El cuerpo está centrado sobre una columna a la que se fija por medio de tres tornillos de nivelación
- Alta resistencia al chorro de los aviones debido al reducido tamaño, 250 mm de altura
- Grado de protección: IP67
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- La luz puede ser instalada tanto sobre tubo acodado como sobre placa base
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa



Via della Solidarietà, 2/1  
40056 Valsamoggia Loc. Crespellano – Bologna (Italy)  
Tel: +39 051 66 56 611 - Fax: +39 051 66 56 677

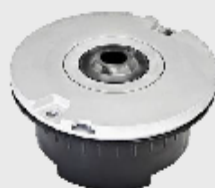


FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GES)  
AUTOR: POSTULANTE



# LHI

## LUZ EMPOTRADA LED PARA HELIPUERTOS



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen II  
IEC: TS 61827  
OTAN: STANAG 3619

### APLICACIONES

Emplazamientos de helipuertos OACI

### VENTAJAS

- Larga vida de los LEDs: 60.000 horas al escalón de brillo máximo o más de 100.000 horas en condiciones normales de funcionamiento
- Resalte sobre el pavimento 6,35 mm
- Emisión directa de los LED: la ausencia de filtros de color asegura que no haya pérdidas de energía ni desplazamientos de color
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- La lente está engastada mecánicamente a la tapa de la luz mediante un anillo de bloqueo; una junta especial de silicona evita el uso de selladores. Su sustitución se realiza de manera rápida y sencilla
- ▲ No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución del módulo LED y lente
- Válvula para prueba de presión

### PRESTACIONES

- Electrónica robusta y altamente resistente a los choques y vibraciones
- Omnidireccional, diámetro 8"
- Luz resistente, y al mismo tiempo ligera, para una fácil manipulación en campo: tapa de aluminio forjado y cubierta inferior de aluminio de fundición inyectada
- La salida de luz no se ve afectada por la lluvia intensa, no se acumula agua delante de la lente
- Junta tórica adicional en el exterior, alrededor de la tapa, para evitar la acumulación de suciedad entre la luz y el sistema de montaje
- Grado de protección: IP67
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- Adecuada para bases de diámetro 8"
- Anillo adaptador para el montaje de las luces de diámetro 8" sobre las bases de diámetro 12"
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa



www.ocecm.com  
ocecm@ocecm.com



# PAPI

## INDICADOR DE PRECISIÓN DE LA SENDA DE APROXIMACIÓN



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I pár. 5.3.5 y Manual de Diseño de Aeródromos - Parte 4  
OTAN: STANAG 3316

### APLICACIONES

El sistema PAPI proporciona al piloto una indicación visual fidedigna de la posición de la aeronave con relación a la senda óptima de planeo en la aproximación final a la pista. Un sistema PAPI de aeropuerto está formado en general por cuatro unidades, dispuestas en un lado de la pista, preferiblemente la izquierda, a fin de formar una barra; cada unidad está equipada con dos lámparas (Anexo 14 OACI) o tres lámparas (Manual de Diseño de Aeródromos OACI – OTAN Stanag). Si es necesario, una segunda barra se puede proporcionar en el lado derecho.

La unidad PAPI produce un haz luminoso, con la parte superior blanca y la inferior roja, con una transición brusca. Cuando un piloto sigue el ángulo correcto, el sistema muestra las dos unidades más cerca del borde de la pista de color de rojo y las otras dos de color blanco; para ángulos superiores aumenta el número de unidades de color blanco, mientras que para ángulos inferiores aumentan las unidades de color rojo

### VENTAJAS

- Vida media de las lámparas 1500 horas a plena intensidad, y más de 3000 horas en las condiciones habituales de uso
- Todas las unidades son iguales entre ellas y están orientadas en el sitio basándose en el ángulo nominal de descenso
- Instalación rápida y fácil

### PRESTACIONES

- Cuerpo hecho de una caja de chapa de aluminio, que comprende un panel frontal para las lentes, dos paneles interiores para el montaje de los reflectores y de los filtros, respectivamente, y un panel trasero de cierre
- Cuatro patas de montaje para obtener la máxima estabilidad, cada una formada por un tubo de aluminio con ranura, para asegurar la frangibilidad de la unidad en caso de impacto, y una varilla roscada de acero inoxidable, para permitir el ajuste fino en altura y la nivelación de la caja. Las patas están disponibles en varias longitudes para compensar la inclinación del terreno
- Tapa superior de chapa de aluminio, desmontable aflojando dos resortes de acero inoxidable con provisiones para cierre con candado
- Un latiguillo de conexión por cada lámpara
- Bajo pedido, la caja se puede dotar de un vidrio frontal de protección
- Bajo pedido, cada cable de conexión se puede suministrar completo con tubo flexible de acero galvanizado, recubierto de PVC, para protección
- Grado de protección: IP44
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- Sobre una base de hormigón mediante manguitos roscados de anclaje o platos roscados de anclaje; se puede suministrar, como accesorio, un bastidor para su montaje
- Para la nivelación y la orientación de las unidades están disponibles un nivel lineal y un clinómetro

**EnergyTechnology**  
Via della Solidarietà, 2/1  
40056 Valsamoggia Loc. Crespellano – Bologna (Italy)  
Tel: +39 051 66 56 611 - Fax: +39 051 66 56 677

**OCEM**  
AirfieldTechnology

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GEI)  
AUTOR: POSTULANTE



# FAU

## LUZ ELEVADA PARA APROXIMACIÓN UMBRALES Y EXTREMO DE PISTA



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I Fig. A2-1, A2-2, A2-3, A2-4, A2-8  
FAA: L-8625 AC150/5345-46  
IEC: TS 61827  
OTAN: STANAG 3316  
CAA: CAP 168  
IAAE: TP312

### APLICACIONES

Aproximación, Umbral, y Extremo de Pista OACI CAT I, II y III, FAA y militar  
Barra de Parada FAA

### VENTAJAS

- Sólo una lámpara, potencia de 65 W a 200 W: sustitución rápida y fácil sin necesidad de herramientas
- Vida media de las lámparas 1000 horas a plena intensidad, y más de 3000 horas en las condiciones habituales de uso
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- Vidrio frontal resistente al calor, blanco, rojo o verde, superficie exterior con grandes prismas para facilitar la limpieza
- El vidrio frontal está unido mecánicamente al cuerpo por un anillo de retención y una junta dedicada. La sustitución es fácil y rápida y sin el uso de selladores
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución de la lámpara y del vidrio frontal

### PRESTACIONES

- Ligero y robusto gracias a la utilización de piezas de fundición de aluminio
- Alta resistencia a la corrosión mediante el uso de pintura en polvo
- El cuerpo está montado sobre un soporte graduado para la correcta dirección horizontal y vertical
- Alta resistencia al chorro de los aeronaves debido al reducido tamaño de la luz de umbral y extremo de pista, 320 mm de altura
- Grado de protección: IP54
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- La luz puede ser instalada tanto sobre tubo acodado como sobre placa base
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa



# LIRD

## LUZ EMPOTRADA LED PARA ZONA DE CONTACTO



### ESPECIFICACIONES

OACI: Anexo 14 - Volumen I Fig. A2-5  
FAA: L-850B(L) AC150/5345-46 y EB No.67  
IEC: TS 61827  
OTAN: STANAG 3316  
CAA: CAP 168  
IAAE: TP312

### APLICACIONES

Zona de contacto OACI CAT II e III, FAA y militar

### VENTAJAS

- Larga vida de los LEDs: 60.000 horas al escalón de brillo máximo o más de 100.000 horas en condiciones normales de funcionamiento
- Una instalación nueva con luces LED significa menor carga y, en consecuencia, reguladores y transformadores más reducidos, lo que permite ahorros significativos en la instalación y gestión
- Emisión luminosa variable al igual que una lámpara halógena tradicional, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- La compatibilidad con los circuitos serie existentes es completa\*
- Luces diseñadas y fabricadas para un fácil mantenimiento
- Los prismas están engastados mecánicamente a la tapa de la luz mediante una placa de montaje; una junta especial de silicona evita el uso de selladores. Su sustitución se realiza de manera rápida y sencilla
- No es necesario ningún ajuste óptico después de la sustitución de los módulos LED y prismas
- Válvula para prueba de presión
- Operación con cualquier tipo de regulador fabricado de acuerdo con las normas FAA o IEC

\* Para luces con monitorización, potencia máxima del transformador de sistema: 200VA

### PRESTACIONES

- Electrónica robusta y altamente resistente a los choques y vibraciones
- Adaptación automática a la frecuencia de la corriente de suministro
- Equipada con dispositivo de protección contra sobretensiones, según se requiere en el "Engineering Brief No.67" de la FAA
- Detección inmediata de fallo interno
- El resalte sobre el pavimento de 6,35 mm reduce drásticamente las vibraciones provocadas a los aviones y a las luces mismas, aumentando así su vida útil
- La superficie exterior de la tapa, lisa y redondeada, hace que las luces sean menos sensibles a las cuchillas de las quitanieves
- unidireccional, diámetro 8"
- Luz resistente, y al mismo tiempo ligera, para una fácil manipulación en campo: tapa de aluminio forjado y cubierta inferior de aluminio de fundición inyectada
- La salida de luz no se ve prácticamente afectada por la lluvia intensa, no se acumula agua delante de los prismas
- Junta tórica adicional en el exterior, alrededor de la tapa, para evitar la acumulación de suciedad entre la luz y el sistema de montaje
- Grado de protección: IP67
- Temperatura de operación: -55°C a +55°C

### INSTALACIÓN

- Adecuada para bases de diámetro 8"
- Anillo adaptador para montaje sobre bases de diámetro 12"
- Disponibles herramientas especiales para una instalación fácil y precisa



Grupo. Soluciones e Innovación

# NOTA DE ENTREGA

Nº 10 AÑO 2014

Expediente GECI	GEQ22D307
Ref. Cliente (Contrato o Núm. Pod. de)	LBS-01-STACMTCP-2012 "ITEM I"
Nombre Cliente	Ministerio de Transporte y Obras Públicas - MTOP,
Entregado / Realizado en	Entrega sistemas iluminación Aeropuerto Cotoaxi (Latacunga)

Descripción de lo entregado	Vista Buen
<b>1.1 Sistema Iluminación Pista para Latacunga, de acuerdo al Anexo B, Especificaciones Técnicas, B 1, numeral 6.</b>  El importe de la presente nota de entrega según Formato No. 5 del contrato corresponde a: <b>812.754,17 USD.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>1.19 Implantación de Bases para torres de iluminación de plataforma Aeropuerto Latacunga, conforme Especificaciones Técnicas Anexo B.5</b>  El importe de la presente nota de entrega según Formato No. 5 del contrato corresponde a: <b>4 UD. x 240,80 USD = 963,20 USD</b>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>1.22 Implantación de torres de iluminación plataformas Aeropuertos, Latacunga, Manta y Santa Rosa. ENTREGADO EN LATACUNGA, LE SIGUIENTE:</b>  El importe de la presente nota de entrega según Formato No. 5 del contrato corresponde a: <b>4 UD. x 840,00 USD = 3.360 USD</b>	<input checked="" type="checkbox"/>

El material/documento/servicio descrito en este documento ha sido recibido en concordancia con el contrato. Por favor, firmar y entregar original de formulario a GECI Española S.A.

Entregado por (GECI)	Ing. José Ortega (Esp. Ayudas visuales)	Fecha	17 de Julio de 2014
Aceptado por (Cliente) Nombre, cargo y firma	Ing. Orestes García (Esp. Ayudas visuales)		
	Ing. Carlos Fernando Canchig Cota (Subsecretaría de Transporte Aeronáutica civil)		
	Trigo. Raúl Fernando Reyes Amendóris (Delegado de la DGAC)		
	Ing. Luis Arturo Anchaipán Naves (Delegado de la DGAC)		
	Ing. Amparo Sarsosa Rosero (Delegada de la Dirección Financiera del MTOP)		
	Econ. Silvana Ayala Peralta. (Delegada del Guardalmacan del MTOP)		

GECI ESPAÑOLA S.A.  
 Parque Tecnológico Bahía de Cádiz, Parcela 20, 11500 El Puerto de Santa María  
 Tel: +34 956 855 957, Fax: +34 956 855 911  
 Email: geci@gcivisa.com  
 Nº CIF A26880714  
 UNE-EN ISO 9001:2008 UNE-EN 9100:2010 UNE-EN 9120:2011 UNE-EN ISO 14001:2004  
 UNE-EN ISO/IEC 17025:2005 PECAL 2120 EASA PARTE-145

FUENTE: GRUPO GESI ESPAÑOLA  
AUTOR: POSTULANTE

## CABLE PRIMARIO

Es el *encargado* de conducir alto voltaje a los transformadores de aislamiento que se encuentra diseñados para soportar las peores condiciones climáticas



## CONECTORES PRIMARIOS

Son elementos eléctricos que se encargan de unir circuitos eléctricos.

Son altamente resistentes a la intemperie y de gran aislamiento eléctrico.



FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE

# TRANSFORMADORES DE AISLAMIENTO

Se encarga de transformar el alto voltaje primario a bajo voltaje secundario

TRANSFORMADOR

CONECTOR BAJA TENSIÓN



CONECTORES DE ALTATENSIÓN

# CONECTOR SECUNDARIO

Es la unión eléctrica entre el secundario del transformador de aislamiento y la luz aeronáutica.

CONECTOR BAJA TENSIÓN MACHO



TERMINALES BAJA TENSIÓN A LA LÁMPARA

FUENTE: CURSO AERÓDROMOS (DAC-GESI)  
AUTOR: POSTULANTE

