



“MODERNIZACIÓN DE LAS AYUDAS VISUALES DEL AEROPUERTO JOSÉ  
MARÍA CÓRDOVA DE RIONEGRO- ANTIOQUIA. (REEMPLAZO DE LUCES  
HALÓGENAS POR LUCES LED´S)”

Presentada por:

CESAR AUGUSTO ECHEVERRI ECHEVERRI

DIEGO LEON ECHEVERRI ECHVERRI

TRABAJO DE GRADO

Asesor:

JAIME DE JESUS MOSQUERA OROZCO.

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
RIONEGRO ANTIOQUIA 2020

## Contenido

Contenido .....	2
Listado de Figuras .....	3
Listado de Tablas.....	4
Antecedentes.....	5
Planteamiento del problema .....	7
Justificación.....	8
Objetivos.....	8
Objetivo general .....	8
Objetivos específicos.....	8
Marco Teórico .....	9
Consumo de Energía Eléctrica .....	9
Vida útil.....	9
Seguridad operacional .....	10
Identificación de las Normas que Rigen la Operación de Aeródromos .....	10
Aspectos Legales.....	11
Plan Nacional de Navegación Aérea - Colombia (PNA COL). .....	11
Normograma.....	12
Síntesis Relacionada con los Criterios que se Aplican a las Ayudas Visuales .....	18
Diseño Metodológico .....	19
Tipo de estudio .....	19
Método de Estudio.....	19
Fuentes de información .....	19
Tratamiento de la información .....	20
Ruta Metodológica para el Desarrollo de los Objetivos Específicos .....	20

Resultados y Discusiones .....	20
Evaluación de la situación actual del sistema de ayudas visuales.....	20
Análisis de consumo de energía .....	21
Análisis de mantenimiento .....	22
Stock de repuestos .....	23
Mano de Obra.....	25
Identificación de las Normas que Rigen la Operación de Aeródromos .....	28
Aspectos Legales.....	28
Síntesis Relacionada con los Criterios que Aplican a las Ayudas Visuales.....	29
Determinación de la Viabilidad del Nuevo Sistema.....	30
Estructura física plano-esquema.....	31
Componentes Asociados a lo Normativo .....	33
Componentes del Sistema Actual.....	35
Cumplimiento y Aplicaciones .....	37
Características de las Ayudas Visuales Iluminadas.....	40
Etapas del Proyecto .....	45
Factibilidad Económica y Técnica .....	46
Sistema Halógeno VS Sistema Led.....	47
Metodología de la Propuesta de Modernización .....	49
Conclusiones.....	49
Referencias .....	51

### **Listado de Figuras**

Figura 1. Costo de la operación. ....	27
Figura 2. Distribución de los costos de operación. ....	27

Figura 3. Estructura física del aeropuerto. ....	31
Figura 4. Interacciones en el funcionamiento de un aeropuerto. ....	32
Figura 5. Distribución de luces de pista. Fuente: . ....	33
Figura 6. Regulador de corriente. ....	35
Figura 7. Transformador. ....	36
Figura 8. Lámpara. ....	37
Figura 9. Sistema de luces de pista. ....	37
Figura 10. Eje de pista. ....	39
Figura 11. Luces de identificación de umbral de pista. ....	42
Figura 12. Cobertura. ....	44
Figura 13. Comparativo de costos. ....	48

### **Listado de Tablas**

Tabla 1. Normograma para operación de aeropuertos.....	12
Tabla 2. Consumo de energía .....	22
Tabla 3. Stock de repuestos para la reparación .....	23
Tabla 4. Repuestos para las luces de pista.....	23
Tabla 5. Estado de la mano de obra.....	26
Tabla 6. Consumo LED.....	46
Tabla 7. Instalación mano de obra.....	47
Tabla 8. Costos sistema halógeno .....	47
Tabla 9. Costos sistema LED .....	47

## **Antecedentes**

Aeropuertos o Aeródromo: Son instalaciones adecuadas en terrenos llanos o planos, los cuales contienen: pistas, calles de rodaje, plataforma, edificaciones y entre otras instalaciones que permiten el despegue y el aterrizaje de aeronaves de pasajeros y/o carga. Una de las principales características de un sistema que conforma un aeropuerto internacional como lo es el aeropuerto José María Córdova en Rionegro, Antioquia, son los componentes que contienen la pista y sus calles de rodaje. *“Ayudas visuales o de navegación”*. Las cuales permiten la facilidad de los despegues y aterrizajes de aeronaves en condiciones de clima adversas o condiciones de operación nocturna.

Desde 1985 el aeropuerto José María Córdova ha contado con un sistemas de aeronavegación que facilitan las operaciones de las aeronaves, optimizando la operación en este aeropuerto. Esta es la razón por la que el aeropuerto de Rionegro es categorizado como el segundo más importante a nivel nacional. Después de el Dorado. El cual se encuentra en la ciudad de Bogotá. Y a su vez el aeropuerto José María Córdova se convierte en un aeropuerto alternativo con capacidad de cubrir la operación del aeropuerto de Bogotá.

Las ayudas visuales de un aeropuerto deben de cumplir ciertos requisitos o normatividad. Por tal motivo se vuelven en un punto importante y crítico en las operaciones del aeropuerto. El aeropuerto de Rionegro José María Córdova tiene implementado un plan de mantenimiento donde se debe de cumplir todos los días, el cual consiste la operación continua de todos los circuitos de ayudas visuales en óptimas condiciones. Para llevar a cabo el plan de mantenimiento se cuenta con 15 técnicos de mantenimiento calificados. Según la necesidad o el tipo de mantenimiento se intervienen los equipos y las luces malas para esto se requiere una cantidad de horas hombre, materiales, consumo energético y entre otros factores de operaciones o mantenimiento que incurren una inversión económica. Se logró identificar factores importantes que se pueden mejorar tales como: el gran consumo energético que tiene el tipo de iluminación halógena, el tiempo de mantenimiento que requiere estos sistemas, las cantidades de los

materiales necesarios para poder tener en óptimas condiciones los sistemas y tiempos muertos de operación los cuales son necesarios para realizar los correctivos de los sistemas halógenos.

La implementación o el reemplazo de iluminación LED certificada por diferentes entidades regulatorias gubernamentales y no gubernamentales en la aviación nacional e internacional como los son: OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), FAA (Federal Aviation Administration), ATA (Asociación de Transporte Aéreo), IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo) y LA UAEAC (Unidad Administrativa Especial Aeronáutica Civil), ayudará a reducir notablemente los consumos de energía, las horas hombre de personal calificado, la operación continua de los circuitos de iluminación, reducción del stock de repuesto. Ya que el sistema led cubriría una garantía de 5 años dada por el proveedor, otro factor importante es que no va a estar la pista ocupada por el personal técnico haciendo reparaciones y al mismo tiempo se plantea la necesidad de orientar a los diferentes aeropuertos nacionales a tener un menor consumo de energía cumpliendo las recomendaciones del anexo del Reglamento Aeronáutico Colombiano (RAC XIV). La puesta en marcha del proyecto inicia con la obligación de la mejora continua del sistema crítico aeroportuarios, la reducción de costos de consumo de energía, disminuir los tiempos de mantenimiento y poder garantizar la homogeneidad de las luces de pista con una trazabilidad viable y confiable de la vida útil de cada una de las lámparas instaladas en la pista.

La FAA ha realizado investigaciones para reemplazar las lámparas incandescentes, por lo cual son mucho más eficientes. Estas investigaciones comenzaron a mediados del 2005. La expectativa de vida que se tiene de las lámparas LED es de más de 100000 horas de funcionamiento respecto al funcionamiento de las lámparas halógenas que son de 10000 horas. Aunque hoy en día nos obligan a reemplazarlas a las 1000 horas de funcionamiento para garantizar la homogeneidad (brillo) de todas las lámparas.

El proyecto se implementará o se llevara a cabo por etapas, es decir, la primera etapa será el reemplazo de las lámparas de eje de pista, donde se evaluará la viabilidad y reducción de costos tanto de consumo de energía kW/h, con la inversión de materiales, mano de obra en mantenimiento y una operación continúa. La segunda etapa se llevará a cabo con el reemplazo de las lámparas de toma de contacto y posteriormente se finalizará con el reemplazo de las lámparas

de borde de pista. Las etapas del proyecto se harán en ese orden debido principalmente a dos aspectos:

La gran inversión que tiene el proyecto al reemplazar los sistemas de ayudas visuales, los cuales hoy en día son de costos elevados.

El aeropuerto José María Córdova de Rionegro fue concesionado por el gobierno a una asociación llamada Airplan “Operadora de aeropuerto centro norte”. Donde sus recursos e inversiones son controlados por el Estado y diferentes interventorías.

Un sistema moderno como lo es la tecnología LED, garantizara el funcionamiento de manera permanente, uniforme, con mayor eficiencia, seguridad operacional y sostenibilidad. Adicional como anteriormente se menciona. Se cumplirán los requerimientos o recomendaciones de la RAC XIV.

### **Planteamiento del problema**

Actualmente, si se presenta un problema en este sistema de ayudas visuales implica el cierre de la pista, generando un cierre total de las operaciones, tanto nacional como internacional. De igual forma el mantenimiento está a cargo del mismo aeropuerto, y su gestión se ve afectada por los altos costos de energía, repuestos, incumplimiento de la norma de ayudas visuales y retrasos de la operación cuando se interviene las luces fuera de servicio.

En la propuesta de modernización de las ayudas visuales del aeropuerto José María Córdova toma como punto de partida el alto consumo energético, los tiempos muertos que se requiere para realizar un correctivo, la gran inversión de mano de obra y el incumplimiento de las recomendaciones del RAC Anexo XIV.

### **Pregunta de Investigación**

Este proyecto surge una pregunta de investigación la cual es:

¿Cuál es la propuesta para la modernización de las ayudas visuales del aeropuerto José María Córdova de Rionegro- Antioquia?

### **Justificación**

El proyecto planteado surge de la necesidad de garantizar la operación continua de las aeronaves y el alto consumo de energía que presenta este sistema de ayudas visuales. Intervenir el sistema para mantenimiento involucra muchos procesos que retrasan la operación del aeropuerto José María Córdova, esto garantiza la seguridad operacional de las aeronaves, disminuirá los costos de energía, los costos de los repuestos, también se verá reflejado la mejora en la gestión de mantenimiento. Llevar a cabo este proyecto es maximizar la confiabilidad operativa. Reduciendo el tiempo de mantenimiento y un ahorro considerado en energía. A través de un sistema más moderno y eficiente como lo es las luces Diodos Emisores de luz LED.

Con la implementación de una nueva tecnología; como lo es el sistema LED'S se logrará un impacto importante e innovador no solo nacional sino internacionalmente, logrando que el aeropuerto de Rionegro sea uno de los primeros aeropuertos a nivel nacionales que contenga en su totalidad lámparas LED'S en sus sistemas de ayudas visuales de navegación.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

Proponer la modernización de las ayudas visuales del aeropuerto José María Córdova de Rionegro- Antioquia. (Reemplazo de luces halógenas por luces LED)

#### **Objetivos específicos**

- Evaluar el estado actual de las luminarias halógenas con que cuenta la pista del aeropuerto
- Identificar las normas que rigen los aeródromos para el nuevo sistema de iluminación LED.
- Determinar la viabilidad técnica del nuevo sistema LED para la pista del aeropuerto.

## **Marco Teórico**

### **Consumo de Energía Eléctrica**

Es la cantidad de energía eléctrica requerida para hacer funcionar un equipo en distintos usos, como lo son dispositivos eléctricos, electrónicos y mecánicos ya que este equipo requiere de un consumo (Watt) el cual se deben de medir en el inicio de cualquier instalación a través de contadores eléctricos. Dichos consumos de energía son necesarios para el desarrollo industrial. Esta energía o potencia son controlados por los proveedores de energía y por tal motivo deben de llevar un reporte o una factura al cliente donde se especifique el consumo mensual en kW hora y el valor del KW hora. (ICE, 2020).

### **Vida útil**

Hoy en día es muy importante de hablar de la vida útil y de las garantías que ofrecen los diferentes fabricantes de equipos y/o productos para la industria.

Conocemos que un producto tiene una vida útil cuando dejar de funcionar. Debemos de aclarar este concepto y para este caso es la iluminación halógena. El termino de vida útil muchas veces lo asociamos que es el tiempo el cual durará la bombilla y este concepto es erróneo, la vida útil de una bombilla es el tiempo medio o para entenderlo de otra forma es cuando la bombilla no ha perdido sus cualidades o brillo.

Teniendo claro el concepto de vida útil es muy importante mencionar el sistema actual instalado en el aeropuerto José María Córdova. Conocemos que el sistema de iluminación halógena no está cumpliendo normas porque muchas de estas lámparas están funcionando en mal estado y muchas veces se dañan antes sin cumplir la vida útil o la vida media que tiene estas bombillas. La razón de esto es porque la bombilla va instalada en una lámpara la cual debe de ser impermeabilizada a través de empaques, tornillos, soportes los cuales no están cumpliendo su función porque no son los originales. Esto se presenta porque es muy difícil conseguir la distribución de los repuestos necesarios o por que los proveedores ofrecen nuevas y mejores tecnologías las cuales se pueden reemplazar (equipos con mejores especificaciones y beneficios).

¿Cuándo sucede esto para cada equipo? Es muy difícil estimar una cifra exacta que funcione bien en todos los casos. Por esta razón a continuación se mencionarán los factores relevantes y de igual forma se mencionarán los tipos de mantenimientos a realizar para mantener y prolongar la vida útil de los equipos (hace falta referencias que soporte el concepto de vida útil de los equipos).

## **Seguridad operacional**

Dentro del contexto de la aviación, la seguridad operacional es “el estado donde la posibilidad de dañar a las personas o las propiedades se reduce y mantiene al mismo nivel o debajo de un nivel aceptable mediante el proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos de la seguridad operacional”. ( ICAO, 2019). Si bien la eliminación de los accidentes o incidentes graves en aeronaves sigue siendo la meta final, se reconoce que el sistema de aviación no puede estar completamente libre de peligros y riesgos asociados. Las actividades humanas o los sistemas construidos por humanos no pueden garantizar estar completamente libres de errores de operaciones y de sus consecuencias, por lo tanto, la seguridad es una característica dinámica del sistema de aviación, por el cual los riesgos de seguridad operacional deben mitigarse continuamente. El Sistema de Gestión de Seguridad Operacional (SMS), es un sistema que sirve para propender por la operación segura de la aeronave y sus ocupantes y de los servicios que apoyan su operación, buscando contener o mitigar proactivamente los riesgos antes de que produzcan accidentes e incidentes de aviación. (AIRPLAN, 2020).

## **Identificación de las Normas que Rigen la Operación de Aeródromos**

En Colombia la aeronavegación tanto pública como privada es regida por diferentes normativas y/o recomendaciones establecidas en el RAC XIV, el cual es un grupo de normas que fue constituida con base de organismos internacionales y nacionales que fomentan diferentes características con todo lo relacionado al tema de aeronavegabilidad, estableciendo parámetros y características en los sistemas que pueden conformar un aeródromo, aeropuerto o helipuerto.

- **UAEAC:** Unidad administradora especial de aeronáutica civil.

- **FAA:** Administración federal de aviación.
- **OACI:** Organización de aviación civil internacional.
- **IATA:** Asociación internacional de transporte aéreo.

## **Aspectos Legales**

### **Plan Nacional de Navegación Aérea - Colombia (PNA COL).**

Los nuevos aeropuertos internacionales que se diseñen o construyan con posterioridad a la entrada en vigencia de estas disposiciones, deben certificar el aeropuerto ante UAEAC como requisito previo para solicitar y obtener el correspondiente Permiso de operación. Nota: Modificada mediante el Artículo PRIMERO de la Resolución N°. 02154 de mayo 05 de 2009. Publicada en el Diario Oficial N° 47.378 de junio 12 de 2009. (Aeronáutica Civil, 2020).

El sistema de mantenimiento preventivo empleado en una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, tendrá como objetivo que, durante cualquier período de operaciones de estas categorías, estén en servicio todas las luces de aproximación de la pista. Adicional a esto funcione como mínimo:

El porcentaje permitido de Luces de eje de pista, Luces de umbral de pista, Luces de borde de pista es el 90%. Las luces en la zona de toma de contacto es el 85% de las luces.

Con el fin de asegurar la continuidad de las ayudas visuales, el porcentaje permitido de luces fuera de servicio no será tal que altere el diagrama básico del sistema de iluminación. Adicionalmente, no se permitirá que haya una luz fuera de servicio adyacente a otra luz fuera de servicio. El sistema de mantenimiento preventivo, empleado para las ayudas visuales tendrá el siguiente objetivo:

- Que nunca estén fuera de servicio más de dos luces
- Que no queden fuera de servicio dos luces adyacentes a no ser que el espaciado entre luces sea mucho menor que el especificado.

Se empleará un sistema de mantenimiento preventivo de las ayudas visuales a fin de asegurar la fiabilidad de la iluminación y de la señalización. Esto deberá comprender, como mínimo, las siguientes verificaciones:

- Inspección visual y medición de la intensidad, apertura de haz y orientación de las luces comprendidas en los sistemas de luces de aproximación y de pista;
- Control y medición de las características eléctricas de cada circuito incluido en los sistemas de luces de aproximación y de pista;
- Control del funcionamiento correcto de los reglajes de intensidad luminosa empleados por el control de tránsito aéreo

## Normograma

En la Tabla 1 se muestra la Normatividad relacionada con las operaciones de aeropuertos.

*Tabla 1.  
Normograma para operación de aeropuertos.*

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
Diseños y operaciones de aeródromos (nacionales e internacionales)	FAA	Por medio del convenio del año 1958 con modificaciones del 1956 la FAA. Recomienda como federación algunas normativas en diseños y distribución de elementos para aeródromos (sistemas de ayudas visuales y entre otras).	Considerar recomendaciones aeronáuticas en el manual de reglamentos de los diferentes aeropuertos de Colombia.
Internacional	FAA	Selección de luces de borde de acuerdo a las normas de la FAA en su AC 150/5340-30  (ICAO, 2019)	Promover normas, recomendaciones y reglamentos a la aviación civil tanto nacional como internacionales
Internacional	FAA	Se consideran algunas certificaciones para las distribuciones de sistemas y/o elementos de las ayudas visuales.	Aspectos a considerar a la hora de requerir elementos de las ayudas visuales.
Internacional	UAEAC.	Disposición de determinadas características en los sistemas de ayudas visuales. Para un control adecuado de operación de despegue y aterrizajes de las aeronaves.	homogenizar y dar cumplimiento a los estándares del haz de brillo de cada una de las lámparas de pista

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
	RAC 14 UAEAC.	El presente RAC 14, fue adoptado mediante Resolución N° 01092 del 13 de MARZO de 2007, Publicada en el Diario Oficial Número 46.591 del 04 de abril de 2007 y se incorporó a los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia - RAC - (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Adaptar recomendaciones de las entidades internacionales para la aplicación en los aeródromos nacionales.
Internacional	UAEAC.	Por medio del convenio del año 1958 con modificaciones del 1956 la FAA. Recomienda como federación algunas normativas en diseños y distribución de elementos para aeródromos (sistemas de ayudas visuales y entre otras).	Capacidad de evaluaciones de los sistemas periódicamente.
Internacional	OACI (ICAO) IATA	La organización de mantenimiento debe estar fundamentada en términos de eficacia, en los principios de integridad, disponibilidad, fiabilidad y calidad (mejora continua, el compromiso, los procesos y las actitudes basadas en evidencias). (ACI, 2013)	recursos de mantenimiento requeridos
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS:	RAC 14 Ayudas visuales 14.3.10.4.1	Se considerará que una luz está fuera de servicio cuando la intensidad media de su haz principal sea inferior al 50% del valor especificado en la guía del área funcional responsable de la UAEAC. Para las luces en que la intensidad media de diseño del haz principal sea superior al valor indicado en la guía del área funcional responsable de la UAEAC, ese 50% se referirá a dicho valor de diseño.	Se debe de cumplir los parámetros establecidos por el RAC 14 y necesariamente cambiar dicha luz cuando no cumpla su requerimiento
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS:	RAC 14 Ayudas visuales 14.3.5.3.5.31.	La distribución de la intensidad de la luz de los elementos luminosos será la indicada en la guía que expida el área funcional de la UAEAC. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Cumplir con la finalidad y los requerimientos basados en la guía de la UAEAC para cumplir normas internacionales y nacionales
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	RAC 14 Ayudas visuales 14.3.5.3.5.32.	Se proporcionará un control adecuado de intensidad para que ésta pueda graduarse de acuerdo con las condiciones predominantes, evitando	El objetivo, finalidad y utilidad no son otras que facilitar las operaciones de despegue y aterrizaje de las aeronaves

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
		así el deslumbramiento del piloto durante la aproximación y el aterrizaje. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.1.	Se considerará que una luz está fuera de servicio cuando la intensidad media de su haz principal sea inferior al 50% del valor especificado en la guía del área funcional responsable de la UAEAC. Para las luces en que la intensidad media de diseño del haz principal sea superior al valor indicado en la guía del área funcional responsable de la UAEAC, ese 50% se referirá a dicho valor de diseño. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Ejecutar un plan de mantenimiento el cual aporte al área de mantenimiento cuando una luz está en óptimas condiciones y cuando requiere ser cambiada
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.2	Se empleará un sistema de mantenimiento preventivo de las ayudas visuales a fin de asegurar la fiabilidad de la iluminación y de la señalización. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Garantizar el funcionamiento del sistema a través de mantenimiento preventivo y evitando mantenimientos correctivos
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.3.	El sistema de mantenimiento preventivo empleado para las pistas de aproximación de precisión de Categorías II o III debe comprender, como mínimo, las siguientes verificaciones: a. Inspección visual y medición de la intensidad b. Control y medición de las características eléctricas de cada circuito incluido en los sistemas de luces de aproximación y de pista; c. Control del funcionamiento correcto de los reglajes de intensidad luminosa empleados por el control de tránsito aéreo. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Estandarizar el plan de mantenimiento y que se haga acorde al RAC 14

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.4.	La medición sobre el terreno de la intensidad, apertura de haz y orientación de las luces comprendidas en los sistemas de luces de aproximación y de pista para las pistas de aproximación de precisión de Categoría II o III, debe efectuarse midiendo todas las luces, de ser posible, a fin de asegurar el cumplimiento de las especificaciones correspondientes de la guía expedida por el área funcional de la UAEAC. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Se debe garantizar la homogeneidad de todas las luces por ende se debe de intervenir cada luz haciendo su respectivo chequeo
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.5.	La medición de la intensidad, apertura de haz y orientación de las luces comprendidas en los sistemas de luces de aproximación y de pista para las pistas de aproximación de precisión de Categoría II o III debe efectuarse con una unidad móvil de medición de suficiente exactitud como para analizar las características de cada luz en particular. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Se debe garantizar la homogeneidad de todas las luces por ende se debe de intervenir cada luz haciendo su respectivo chequeo
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.10.4.6.	La frecuencia de medición de las luces para pistas de aproximación de precisión de Categoría I o II debe basarse en la densidad del tránsito, el nivel de contaminación local y la fiabilidad del equipo de luces instalado, y en la continua evaluación de los resultados de la medición sobre el terreno, pero, de todos modos, no podrá ser inferior a dos veces por año para las luces empotradas en el pavimento y no menos de una vez por año en el caso de otras luces. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Aumentar la confiabilidad de los equipos respaldado con el plan de mantenimiento

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.5.3.1.10	Intensidad de las luces y su control. La intensidad de la iluminación de pista debe ser adecuada para las condiciones mínimas de visibilidad y luz ambiente en que se trate de utilizar la pista, y compatible con la de las luces de la sección más próxima del sistema de iluminación de aproximación, cuando exista este último. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Aumentar su claridad bajo condiciones seguras cuando se presente baja visibilidad y que sirva de información a los pilotos de su dirección y de su posición
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.3.5.3.5.28.	Características de los elementos luminosos. El sistema será adecuado tanto para las operaciones diurnas como para las nocturnas. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Evaluar un sistema óptimo para las operaciones tanto el día como en la noche
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.2.3.4.	Toda persona que pretenda adicionar construcciones, instalaciones o reformar un aeródromo, aeropuerto o helipuerto en la República de Colombia, cualquiera que sea su destinación, debe contar con un Permiso de Construcción previo emitido por la UAEAC y posteriormente realizar la actualización del permiso de operación con la reforma ejecutada y las modificaciones de las condiciones operacionales, conforme a lo previsto en estos Reglamentos. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	Aprobación de las reformas y mejoras de las ayudas visuales
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.2.3.12	Inspección Técnica: La UAEAC realizará inspecciones de carácter técnico en relación con el cumplimiento de los presentes reglamentos a todo aeródromo, aeropuerto o helipuerto para determinar su apego a la norma, la viabilidad del permiso de construcción y el cumplimiento de las condiciones del permiso de operación. La UAEAC podrá en cualquier tiempo controlar	Dar cumplimiento cuando se presenten mejoras en el sistema de ayudas visuales haciendo auditorías internas y externas. Aprobación del proyecto en el sistema de ayudas visuales

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
		<p>las obras o trabajos que se adelanten o desarrollen en los aeródromos, aeropuertos o helipuertos e instalaciones, relacionadas con la operación aérea y suspender las que no se ciñan a los planos o proyectos aprobados, en el permiso de construcción. No obstante, toda construcción, modificación, reforma o instalaciones quedará aprobada con la obtención o modificación del respectivo permiso de operación. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)</p>	
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.2.4.2.	<p>Deberá existir una estrecha coordinación entre el explotador del aeródromo, aeropuerto o helipuerto y los servicios de tránsito aéreo para asegurar una efectiva gestión de los riesgos operacionales y maximizar la eficiencia de la utilización de dicho aeródromo, aeropuerto o helipuerto. Los sistemas de gestión de la seguridad operacional (SMS) del explotador y de los servicios de tránsito aéreo deben estar debidamente entrelazados. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)</p>	<p>Mejorar las condiciones del estado de operación para las aeronaves dando rendimiento tanto en la operación como en el mantenimiento. cumpliendo todos los estándares establecidos por las entidades</p>
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.2.4.6	<p>Los explotadores de aeródromos o aeropuertos deben facilitar el mantenimiento de la infraestructura aeronáutica de propiedad de la UAEAC dispuesta en el aeródromo para la seguridad y regularidad de las operaciones aéreas. (Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)</p>	<p>Cumplir con el mantenimiento establecidos por la aeronáutica civil para dar seguridad a las aeronaves</p>
ANEXO 14 REGLAMENTOS AERONAUTICOS	14.2.6.5	<p>La UAEAC podrá realizar inspecciones a los aeródromos, aeropuertos y helipuertos para verificar las condiciones operacionales y hacer las recomendaciones que considere pertinentes para evitar o prevenir accidentes</p>	<p>Dar cumplimiento al plan de mantenimiento establecido por la aeronáutica civil para evitar o prevenir algún tipo de incidente</p>

TIPO DE NORMA	NOMBRE	COMPONENTE ESPECIFICO A APLICAR	UBICACIÓN DE SU APLICACIÓN/ AREA DE APLICACIÓN / OBJETIVO DE SU APLICACIÓN
		(Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil, 2019)	

*Fuente: Elaboración propia.*

### **Síntesis Relacionada con los Criterios que se Aplican a las Ayudas Visuales**

Las ayudas visuales de los aeropuertos en Colombia se rigen a través de las normas aeronáuticas nacionales e internacionales. La principal es acerca del anexo 14 en el capítulo 1. Habla de las especificaciones que debe contar un aeropuerto para la operación. El RAC 14 se soporta con la OACI, la cual considera que las ayudas visuales son todos los elementos que utilizan los pilotos para el guiado de la aeronave con unos estándares, con el fin de informar a los pilotos de la ubicación dentro del aeródromo. Se debe colocar señalización en toda la pista para orientar al piloto acerca de su ubicación. Así mismo estos elementos de ayudas a la aeronavegación deben ser confiables, certificados y a su vez garantizar la operación de las aeronaves.

Basado en el RAC 14 y en otras normas como UAEAC, FAA, OACI (ICAO), las pistas de los aeropuertos deberán contar con una intensidad lumínica en óptimas condiciones. Garantizando la seguridad de las aeronaves su finalidad y utilidad es ayudar y facilitar las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves y para esto las luminarias deberán contar con certificaciones de diferentes entidades.

Lo más importante a evitar, es el deslumbramiento de los pilotos en el aterrizaje. Por otra parte, todo el sistema para la ayuda del aterrizaje y despegue de las aeronaves debe garantizar la continuidad de las luces (porcentaje mínimo permitido de luces fuera de servicio) y no es permitido que haya dos luces fuera de servicio continuas. Según el rack 14, todas las luces se ajustarán a las especificaciones de la UAEAC para que sean adecuadas a las condiciones mínimas de visibilidad. Este sistema de ayudas visuales deber ser adecuado tanto para las operaciones diurnas como nocturnas

## **Diseño Metodológico**

### **Tipo de estudio**

Para llevar a cabo los objetivos mencionados en la investigación se centró en un estudio analítico en datos históricos vs al ofertado por el mercado actual, para esto se requiere implementar una mejora en las luces.

El tipo de investigación es descriptiva ya que se obtuvieron los registros de consumos de energía, consumo de repuestos, mano de obra entre otras. Mediante el análisis e interpretación de datos se logra obtener las conclusiones gracias a la investigación descriptiva y así demostrar la viabilidad del proyecto midiendo las variables fundamentales para darle una mejora al plan de mantenimiento y a todo el sistema de gestión del proceso.

Teniendo en cuenta las variables involucradas que mejoren la calidad en el proceso de operación del aeropuerto y de mantenimiento En este proceso de estudio es fundamental contar con la aprobación de la aeronáutica civil soportado en un estudio descriptivo y analítico.

### **Método de Estudio**

La metodología plantea para este proyecto será a través del análisis del consumo actual y registros de las operaciones que cuenta el aeropuerto (aeronaves que entran y salen). Conociendo la realidad del proceso e identificando la criticidad del sistema para saber cuál será el costo – beneficio entre el mantenimiento y la calidad de la operación en el aeropuerto.

### **Fuentes de información**

Existe mucha información por los fabricantes que suministran el sistema halógeno y el sistema de luminarias LED, como son los manuales, ficha técnica de la luminaria, manuales de operación y de servicio. Sin embargo, la fuente de información primaria son las normas aeronáuticas como lo es el rack 14 el cual contiene toda la información acerca de la operación y normatividad con la que debe contar las iluminarias de un aeropuerto. Con base a esta norma se hace el análisis del sistema actual observando el sistema moderno.

## Tratamiento de la información

La información será presentada de forma sistematizada a través de hojas de Excel y se hará comparativos con datos históricos tanto de las operaciones de las aeronaves, como de consumo de energía e insumos de materia para demostrar la viabilidad del proyecto a la alta gerencia.

## Ruta Metodológica para el Desarrollo de los Objetivos Específicos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	RUTA METODOLÓGICA
Evaluar el estado actual de las luminarias halógenas con que cuenta la pista del aeropuerto	Se va a determinar, con detalle la situación actual de funcionalidad de las luminarias, fundamentada en juicios técnicos, a la luz de la normatividad del sector aeronáutico.
Identificar las normas que rigen los aeródromos para el nuevo sistema de iluminación LED	Establecer, demostrar y reconocer las normas que rigen a los aeropuertos, con base en la elaboración de un Normograma que sintetice la normatividad vigente para aeródromos.
Determinar la viabilidad técnica del nuevo sistema LED para la pista del aeropuerto	Hacer una averiguación, precisando el nuevo sistema de iluminación LED para el aeropuerto, considerando aspectos técnicos y económicos de lo que significaría el cambio de la tecnología de iluminación.

## Resultados y Discusiones

### Evaluación de la situación actual del sistema de ayudas visuales

El equipamiento del sistema de iluminación de pista que se encuentra instalado y operando el cual fue instalado por la aeronáutica civil hace más de 20 años y concedido a la empresa Airplan operadora de aeropuerto centro norte, el cual debe de garantizar y mantener en perfectas condiciones.

Considerando lo anterior, se ha hecho una evaluación del sistema de iluminación de pista en la parte de funcionamiento y así mismo a su vida útil, como equipo. Esta evaluación se hace

con base en la experiencia de los autores, en el campo del mantenimiento en el área operativa de aeropuertos.

Se ha verificado que se presentan dificultades por la disponibilidad de repuestos, esto se determina por el hecho de que los componentes no son de alta rotación en el mercado, particularmente se han detectado problemas en todo el sistema en general, mantenimientos prolongados, altos costos de energía, utilización de repuestos no homologados, entre otros, que causan deficiencia en la operación. Esto implica considerar algunos aspectos de importancia:

- Se manifiesta de manera concreta que las ayudas visuales luminosas a la navegación son deficientes.
- El avance tecnológico es fundamental ya que va de acuerdo al cambio de tecnología, cambiando el sistema.
- Las condiciones climáticas cambiantes actuales exigen que se modernicen los sistemas.

La innovación tecnológica es fundamental para la rentabilidad financiera dentro de la organización.

Los avances tecnológicos garantizaran un sistema de gestión de seguridad operacional tal cual como lo recomiendan los organismos aeronáuticos.

Las luces de borde de pista, eje de pista y zona de contacto presentan incumplimiento a los requerimientos establecidos por la aeronáutica.

### **Análisis de consumo de energía**

En los resultados se observa un alto consumo energético por los sistemas halógenos actualmente en la pista. Lo que indica que es muy viable y factible reemplazo de las actuales lámparas halógenas por lámparas LED teniendo un ahorro de 75% en el consumo de energía. Ver Tabla 2.

- Cumplimientos normativos: el sistema actual lleva más de 20 años instalado y operando por lo cual su vida útil y sus componentes ya no cumplen con las exigencias requeridas por los organismos aeronáuticos (eficiencia lumínica)

*Tabla 2.*

*Consumo de energía. Excelente este diagnóstico...*

UBICACIÓN	LÁMPARAS	POTENCIA	TOTAL POTENCIA KW	TIEMPO EN HORAS OPERACIÓN	TOTAL KW DIARIOS	TOTAL MES KW	TOTAL ANUAL
EJE DE PISTA	114	96	10.944	14	153.216	4596.48	\$ 130,475,358.72
ZONA DE CONTACTO	190	48	9.12	14	127.68	3830.4	
BORDE DE PISTA	130	200	26	14	364	10920	
						19346.88	
						\$ 10,872,946	
kW\$	\$562.00						

*Fuente: Elaboración propia.*

### **Análisis de mantenimiento**

Basado al cuadro anterior se evidencia un alto consumo de energía mensual el cual se puede bajar ese ahorro a un 72% del total de gastos de energía

En evaluación y seguimientos periódicos a la hora de funcionamiento que actualmente tiene estas lámparas de tipo halógeno; se observa que no se garantizan su vida útil como lo recomienda el fabricante. Lo cual ha generado que constantemente se tiene que incurrir en la reparación constante de dichas lámparas.

Las lámparas de iluminación 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. Para identificar la deficiencia de las lámparas se utilizó un luxómetro el cual nos indicó deficiencia en el brillo y la más fundamental fue la revisión visual por parte del personal técnico calificado

## Stock de repuestos

Este tipo de lámparas son importadas. Para el modelo actual instalado ya no se consiguen los repuestos originales, en muchas ocasiones toca buscar proveedores que suministran repuestos no homologados por el fabricante y estos no tienen la misma calidad al original. En la tabla 3 se muestran datos actualizados.

*Tabla 3.  
Stock de repuestos para la reparación.*

ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO
Empaque externo	100	\$ 2,500.00	\$ 250,000.00
Empaque interno	200	\$ 1,500.00	\$ 300,000.00
Sicaflex	20	\$ 28,500.00	\$ 570,000.00
Prisma	400	\$ 150,000.00	\$ 60,000,000.00
Borneras	300	\$ 10,000.00	\$ 3,000,000.00
Tornillos avellanado inoxidable	1200	\$ 500.00	\$ 600,000.00
Terminales hembra/macho	600	\$ 100.00	\$ 60,000.00
TOTAL			\$ 64,780,000.00

*Fuente: Elaboración propia.*

En este cuadro se evidencia que es necesario adquirir unos repuestos homologados ya que los originales ya no se consiguen.

*Tabla 4.  
Repuestos para las luces de pista.*

Fecha	Nombre Articulo	Nombre Articulo	Valor Unidad	Cantidad	Valor Salida
02/01/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 48,562.00	20	\$ 971,240.06
04/01/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 48,562.00	20	\$ 971,240.06
15/01/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 48,562.00	40	\$ 1,942,480.13
14/02/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 48,562.00	20	\$ 971,240.06

Fecha	Nombre Artículo	Nombre Artículo	Valor Unidad	Cantidad	Valor Salida
13/03/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 48,562.00	40	\$ 1,942,480.13
25/04/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 65,403.74	10	\$ 654,037.44
04/05/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$65,403.74	20	\$ 1,308,074.88
16/05/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	10	\$ 649,756.83
27/05/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	10	\$ 649,756.83
07/06/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	10	\$ 649,756.83
29/07/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	2	\$ 129,951.37
17/08/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
23/09/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	19	\$1,234,537.98
23/09/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	1	\$ 64,975.68
30/09/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
11/10/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
29/10/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
15/11/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
20/11/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66

Fecha	Nombre Artículo	Nombre Artículo	Valor Unidad	Cantidad	Valor Salida
06/12/2019	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
07/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
07/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
07/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
09/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	20	\$ 1,299,513.66
24/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	96	\$ 6,237,665.58
24/01/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	24	\$ 1,559,416.40
06/02/2020	Luz Halógena 48w	Ayudas Visuales	\$ 64,975.68	40	\$ 2,599,027.33
				602	\$ 34,231,260.53
					\$ 41,095,467.28

*Fuente: Elaboración propia.*

En el cuadro anterior se ve claramente la cantidad de lámparas de 48 vatios que se requieren para la operación del sistema. Evidenciándose como incrementa el costo unitario de cada lámpara según la suba que tenga el dólar y que cada vez que pase el tiempo las lámparas están perdiendo la calidad y la hermeticidad.

### **Mano de Obra**

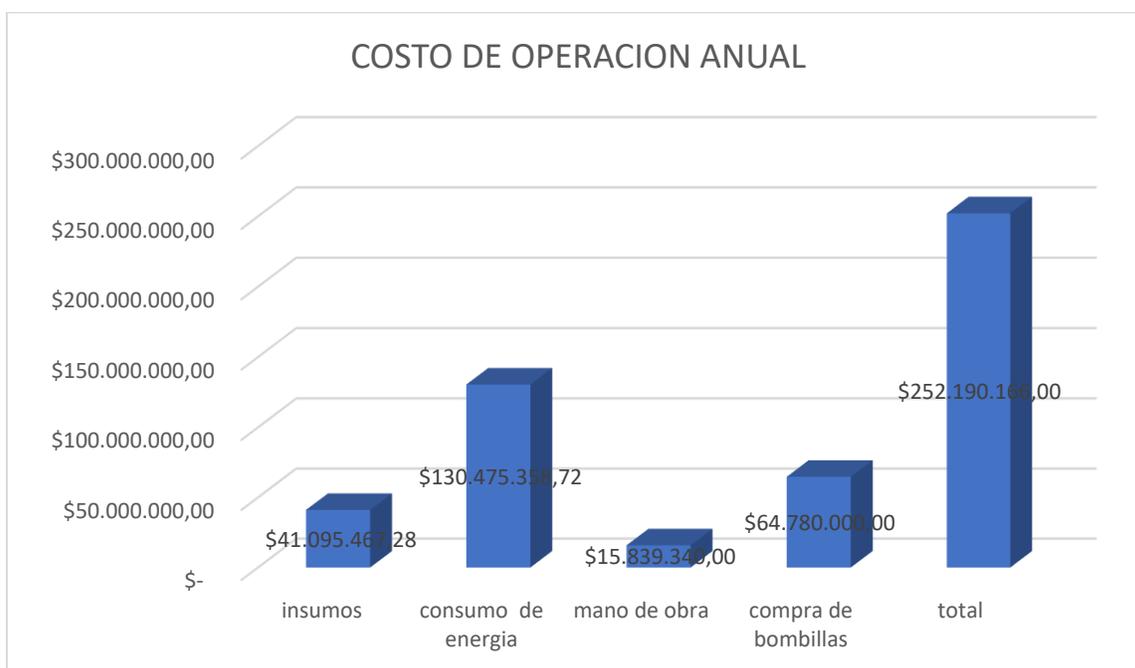
En la tabla 5 se especifica la mano de obra de dos técnicos con el apoyo de un conductor el cual sirve de apoyo para desplazar a los técnicos a la zona de campo para reemplazo y mantenimiento de las luces que se encuentren en mal estado.

Tabla 5.  
Estado de la mano de obra.

Mano de obra	Precio hora	Tiempo de reparación de 1 lámpara	Costo de reparación de lámpara	Total de lámparas fuera de servicio anual	Costos de mano de obra anual
2 técnicos	\$9.455,00	2	\$18.910,00	699	\$ 13.218.090,00
1 conductor	\$3.750,00	1	\$3.750,00	699	\$ 2.621.250,00
					\$ 15.839.340,00

En la Figura 1 se evidencia cada uno de los costos. El costo más alto es el del consumo de energía el cual es de 130.475.358 millones de pesos, este costo es demasiado alto ya que en la actualidad se cuenta con un sistema halógena y otro factor del consumo sea tan alto es la deficiencia de los prismas de las lámparas el cual refleja la intensidad de estas. Siendo tan opacas los controladores siempre deben colocar el brillo máximo por ende el consumo es elevado.

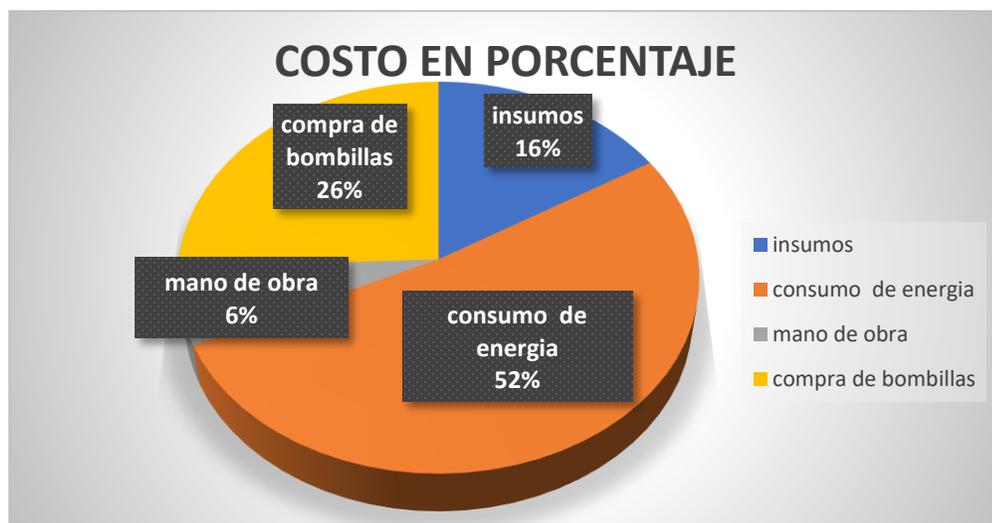
### Grafica de barras de costos



*Figura 1. Costo de la operación. Fuente: Elaboración propia.*

Los otros costos que tienen significancia es la compra de bombillas y los insumos secundarios, estos costos se generan por que las lámparas ya perdieron las características de impermeabilización, generando que las bombillas se dañen por agua, los insumos secundarios los cuales son nacionales no cumplen las garantías del original que son importados, generando así costos anuales que son útiles para que las lámparas duren un poco más.

En la Figura 2 se ve claramente los diferentes rubros del costos de iluminación de las ayudas visuales en el aeropuerto José maría Córdova de acuerdo a la distribución en el diagrama de torta se evidencia que los costos de operación del sistema de iluminación son los siguientes: el rubro más alto es del consumo de energía con un 52% ,el otro rubro significativo sería el de las compras de bombilla con un 26% con estos dos rubro suman un 78 % de los costos más alto. Otro rubro corresponde a los insumos con un 16%, este rubro es necesario para que la reparación de las lámparas y el rubro de menor porcentaje es el mano de obra con un 6% el cual es necesario para mantener las luces operativas. Esto se puede omitir cuando se implemente el nuevo sistema LED ya que estas lámparas tiene garantía de 5 años por el fabricante omitiendo la compra de bombillas, bajando el consumo de energía y los costos de insumos secundarios. Por lo tanto justifica hacer inversiones y mejoras a estos sistemas.



*Figura 2. Distribución de los costos de operación. Fuente: Elaboración propia.*

## **Identificación de las Normas que Rigen la Operación de Aeródromos**

En Colombia la aeronavegación tanto pública como privada es regida por diferentes normativas y/o recomendaciones establecidas en el RAC XIV (Reglamento Aeronáutico Colombiano), el cual es un grupo de normas que fue constituida con base de organismos internacionales y nacionales que fomentan diferentes características con todo lo relacionado al tema de aeronavegabilidad. Estableciendo parámetros y características en los sistemas que pueden conformar un aeródromo, aeropuerto o helipuerto. Los cuales ayudaran a tener una confiabilidad en la operación.

Algunas organizaciones de la aviación civil colombiana e internacional:

- **UAEAC:** Unidad administradora especial de aeronáutica civil.
- **FAA:** Administración federal de aviación.
- **OACI:** Organización de aviación civil internacional.
- **IATA:** Asociación internacional de transporte aéreo.

### **Aspectos Legales**

- Plan Nacional de Navegación Aérea - Colombia (PNA COL).

Los nuevos aeropuertos internacionales que se diseñen o construyan con posterioridad a la entrada en vigencia de estas disposiciones, deben certificar el aeropuerto ante UAEAC como requisito previo para solicitar y obtener el correspondiente Permiso de operación. Nota: Modificada mediante el Artículo PRIMERO de la Resolución N°. 02154 de mayo 05 de 2009. Publicada en el Diario Oficial N° 47.378 de junio 12 de 2009.

El sistema de mantenimiento preventivo empleado en una pista para aproximaciones de precisión de Categoría II o III, tendrá como objetivo que, durante cualquier período de operaciones de estas categorías, estén en servicio todas las luces de aproximación y de pista y que en todo caso funcione como mínimo:

El porcentaje permitido de Luces de eje de pista, Luces de umbral de pista, Luces de borde de pista es el 90%. Las luces en la zona de toma de contacto es el 85% de las luces.

Con el fin de asegurar la continuidad de las ayudas visuales, el porcentaje permitido de luces fuera de servicio no será tal que altere el diagrama básico del sistema de iluminación. Adicionalmente, no se permitirá que haya una luz fuera de servicio adyacente a otra luz fuera de servicio. El sistema de mantenimiento preventivo, empleado para las ayudas visuales tendrá el siguiente objetivo:

- Que nunca estén fuera de servicio más de dos luces
- Que no queden fuera de servicio dos luces adyacentes a no ser que el espaciado entre luces sea mucho menor que el especificado.

Se empleará un sistema de mantenimiento preventivo de las ayudas visuales a fin de asegurar la fiabilidad de la iluminación y de la señalización. Esto deberá comprender, como mínimo, las siguientes verificaciones:

- Inspección visual y medición de la intensidad, apertura de haz y orientación de las luces comprendidas en los sistemas de luces de aproximación y de pista;
- Control y medición de las características eléctricas de cada circuito incluido en los sistemas de luces de aproximación y de pista;
- Control del funcionamiento correcto de los reglajes de intensidad luminosa empleados por el control de tránsito aéreo.

### **Síntesis Relacionada con los Criterios que Aplican a las Ayudas Visuales**

Las ayudas visuales de los aeropuertos en Colombia se rigen a través de las normas aeronáuticas nacionales e internacionales. La principal es acerca del anexo 14 en el capítulo 1. Habla de las especificaciones que debe contar un aeropuerto para la operación. El RAC 14 se soporta con la OACI, la cual considera que las ayudas visuales son todos los elementos que utilizan los pilotos para el guiado de la aeronave con unos estándares, con el fin de informar a los pilotos de la ubicación dentro del aeródromo.

Se debe colocar señalización en toda la pista para orientar al piloto acerca de su ubicación. A si mismo estos elementos de ayudas a la aeronavegación deben ser confiables, certificados y a su vez garantizar la operación de las aeronaves.

Basado en el RAC 14 y en otras normas como UAEAC, FAA, OACI (ICAO), las pistas de los aeropuertos deberán contar con una intensidad lumínica en óptimas condiciones. Garantizando la seguridad de las aeronaves su finalidad y utilidad es ayudar y facilitar las operaciones de aterrizaje y despegue de las aeronaves y para esto las luminarias deberá contar con certificaciones de diferentes entidades.

Lo más importante es que se debe evitar, es el deslumbramiento de los pilotos en el aterrizaje. Por otra parte, todo el sistema para la ayuda del aterrizaje y despegue de las aeronaves debemos de asegurar la continuidad de las luces (porcentaje mínimo permitido de luces fuera de servicio) y no es permitido que haya dos luces fuera de servicio continuas. Según el rack 14, todas las luces se ajustarán a las especificaciones de la UAEAC para que sean adecuadas a las condiciones mínimas de visibilidad. Este sistema de ayudas visuales deber ser adecuado tanto para las operaciones diurnas como nocturnas.

### **Determinación de la Viabilidad del Nuevo Sistema**

La Figura 3 se basa en un sistema de pista de aterrizaje donde el avión ingresa o sale por un de los umbrales (cabecera principal) en este, el piloto se va a encontrar con las ayudas visuales antes de su aterrizaje donde le ayudara al piloto a identificar todo lo relacionado con la pista y tendrá interacción con todo el sistema tanto con los controladores, como los elementos dentro del sistema y desde luego la parte técnica del aeropuerto deberá velar y garantizar el funcionamiento de este.

## Estructura física plano-esquema

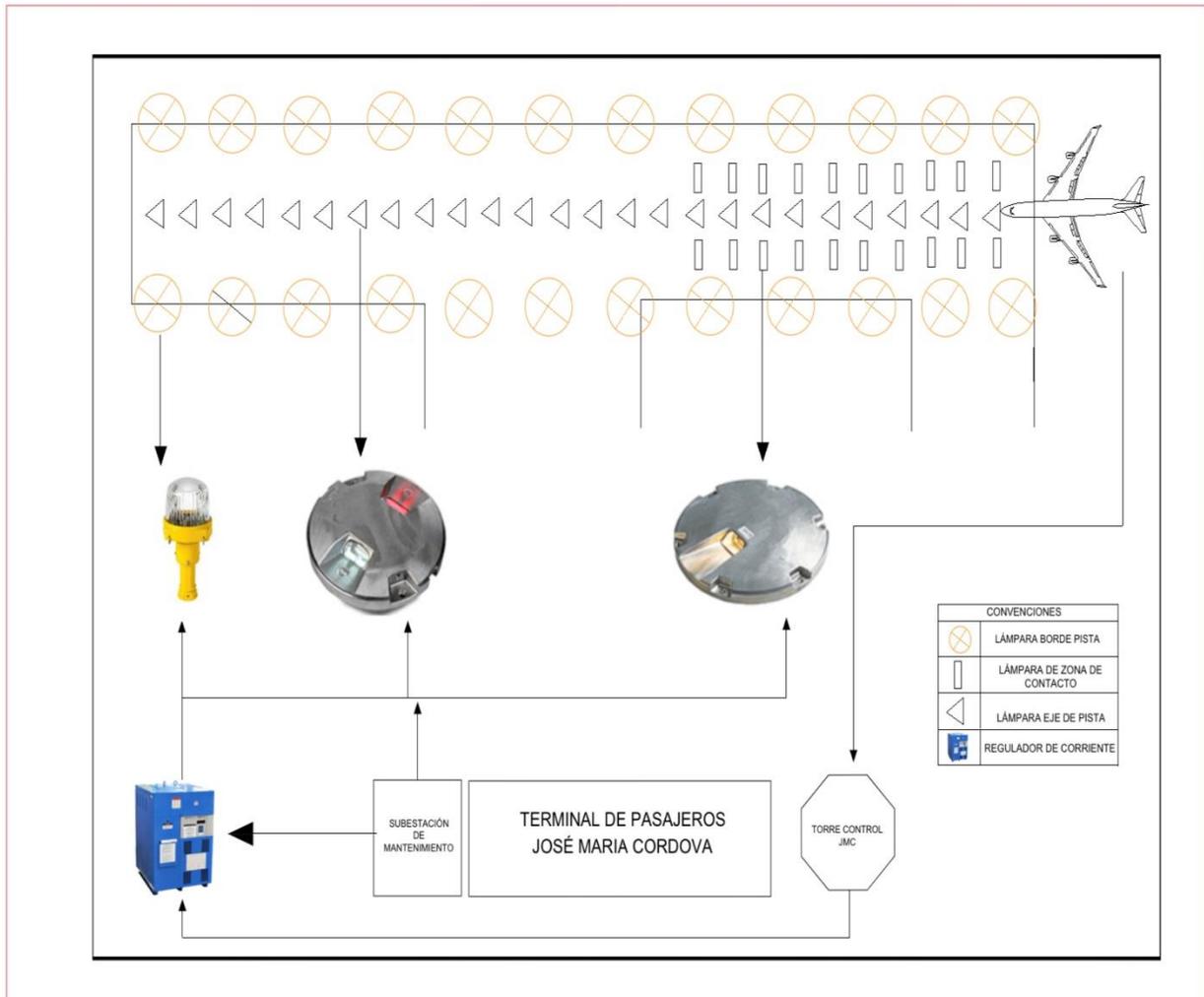


Figura 3. Estructura física del aeropuerto. Fuente: Elaboración propia. Bien!!!

La Figura 4 muestra cómo interactúan el sistema completo hay una sincronización desde el piloto de la aeronave con los controladores que están ubicados en la torre de control, posteriormente este sistema de ayudas visuales mantenimiento cumple un trabajo muy importante ya que debe de garantizar que las ayudas visuales funcionen las 24 horas del día y que los controladores tengan el control de la iluminación ya que estarán pendiente de recibir directrices de los pilotos si requieren más brillo o menos según las condiciones atmosféricas.



*Figura 4. Interacciones en el funcionamiento de un aeropuerto. Fuente: Elaboración propia.*

Como se mencionó anteriormente es vital que cada luz funcione al 100% para garantizar un aterrizaje y un despegue seguro. Cumplimiento los parámetros de seguridad operacional. Se resaltan tres componentes los cuales son tres tipos de lámparas LED:

- Lámpara de borde pista
- Lámpara de eje de pista
- Lámpara de zona de contacto cada una cuenta con especificaciones y normas.

En la figura 5 se muestra la distribución de luces en una pista de aterrizaje.



**Arreglo Típico de un Aeropuerto**

**Luces de Pista**

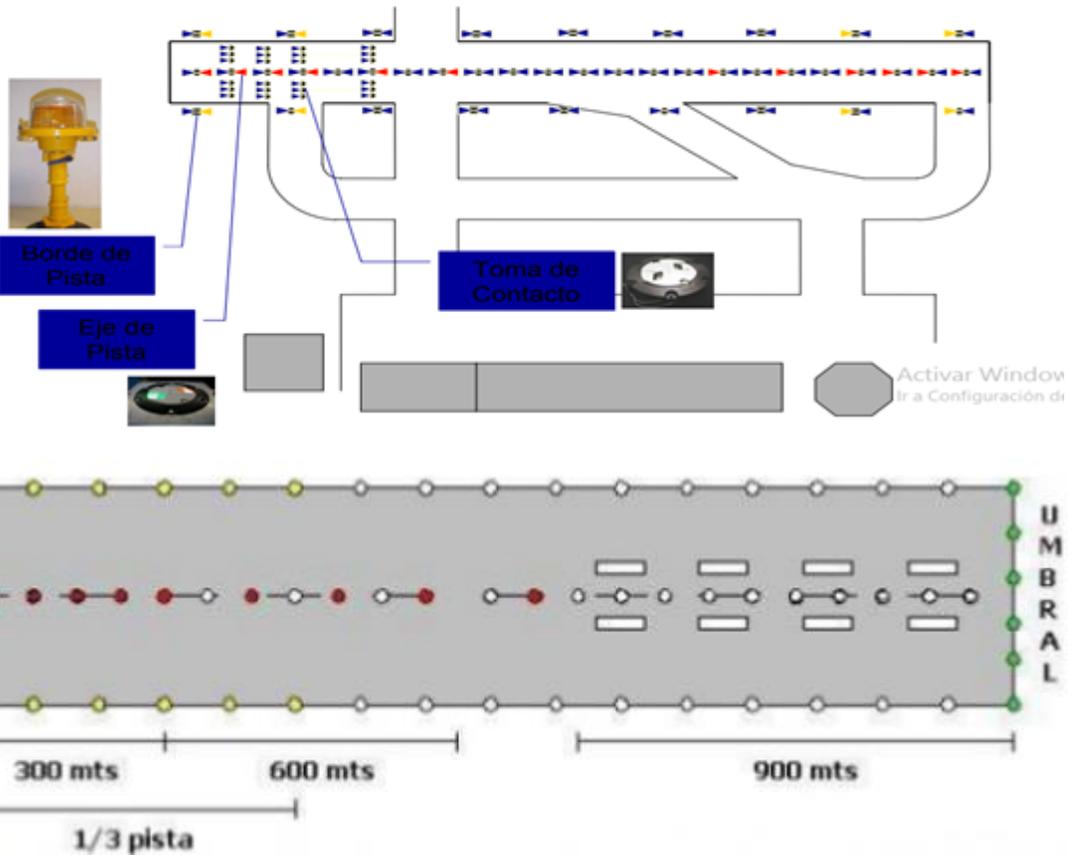


Figura 5. Distribución de luces de pista. Fuente: Elaboración propia.

**Componentes Asociados a lo Normativo**

El sistema de aeronavegación consta de diferentes componentes los cuales son vitales para las operaciones de despegue y aterrizaje en esta investigación mencionaremos las ayudas visuales

que hacen parte de un grupo fundamental para la operación del aeropuerto. En este mencionaremos los componentes que conforman el sistema, la aplicación, los requerimientos técnicos, las normas y ficha técnica de cada pieza que compone todo este gran sistema.

Las ayudas visuales son sistemas de apoyo para la orientación de las aeronaves, estas facilitan las maniobras de una forma eficaz y más seguras. Las ayudas visuales son aplicadas para diferentes actividades humanas en este caso es aplicado a la orientación de los pilotos para el aterrizaje y despegue de las aeronaves en otras palabras las ayudas visuales a la navegación aérea deben de funcionar adecuadamente según normatividad aérea para garantizar la operación segura de las aeronaves.

Todo aeropuerto debe contar con ayudas visuales iluminadas y no iluminadas. Las iluminadas son las balizas o lámparas que trabajan con energía y las ayudas visuales no iluminadas son las marcaciones hechas en toda la pista a base de pintura.

Las ayudas visuales iluminadas adquieren mucha importancia según las condiciones atmosféricas de cada aeropuerto ya que el piloto debe tener cualidades para apoyarse de los instrumentos de la aeronave y de la vista cuando logre guiarse de las iluminaciones que indique la pista. Por lo tanto, toda ayuda visual debe ser simple y normalizada cumpliendo los requisitos del RAC14 y las normas internacionales.

Los componentes que conforman el sistema es un conjunto de elementos que tienen solo una finalidad es estar integrado de la siguiente manera:

- “Torre de control (TWR). Dependencia establecida para facilitar el control de tránsito aéreo.”
- 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.
- “Pista (RWY). Área rectangular definida en un aeródromo terrestre preparada para el aterrizaje y despegue de la aeronave.”
- “Luz fija. Luz que posee una intensidad luminosa constante cuando se observa desde un punto fijo.”

- “Luz Aeronáutica. - Luz instalada dentro de un aeródromo o en sus proximidades destinada a la seguridad de las operaciones aéreas.”
- “Umbral. Comienzo de la parte de pista utilizable para el aterrizaje.
- “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.

#### Componentes del Sistema Actual

- Regulador de Corriente constante. Equipo que sirve para mantener la intensidad de iluminación constante en todas las luces que integran el sistema, con el fin de tener uniformidad en el brillo. Ver Figura 6.

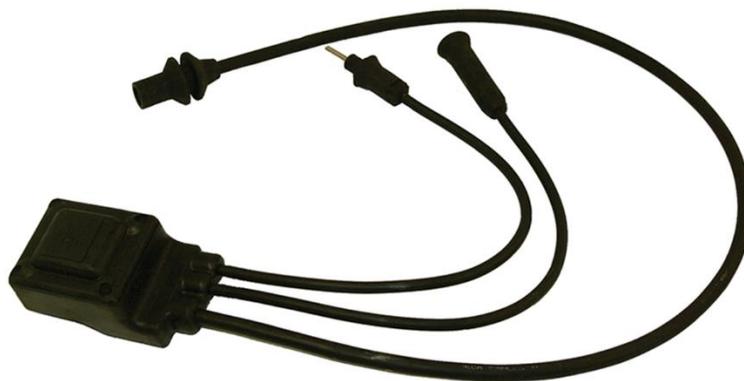


*Figura 6. Regulador de corriente. Fuente: (Adbsafegate, 2020)*

Las características del sistema actual son:

- Control por microprocesador para una regulación de corriente confiable.
- Tecnología probada para la iluminación de aeródromos.
- Fiable para una larga vida útil con bajo costo del ciclo de vida.

- Supera los requisitos de rendimiento de la FAA.
  - Duradero para varios entornos de bóveda eléctrica.
  - Versátil para iluminación de intensidad media y / o alta.
  - Auto protegido de sobrecargas y cortos de cargas.
  - Ruido libre de emisiones.
- Transformador de Aislamiento: La función de este elemento es dar continuidad al circuito, debido a que la conexión de las lámparas es en serie, la falla de cualquiera de ellas no debe afectar la integridad de todo el resto de la instalación. Posee tres conectores, dos de ellos (hembra – macho) se conectan al circuito de conexión en serie y el otro alimenta a la lámpara.



*Figura 7. Transformador. Fuente: (Adbsafegate, 2020)*

- Lámparas: son las fuentes emisoras de energía lumínica, cuya característica principal es trabajar en función de la corriente, por lo general son de tipo halógeno-en este momento, ¿Pero se harán de tipo LED?. Ver figura 8.



Figura 8. Lámpara. Fuente: (Amazon, 2020)

- Sistema de Luces de Borde de Pista. Siglas REDL (Runway Edge Lights). Las luces de borde de pista tienen como finalidad proporcionar a los pilotos señales luminosas que delimitan y muestran la longitud de la pista de manera que el piloto distinga claramente donde aterrizar o despegar. Se instalarán en pistas destinadas a uso nocturno o en una pista para aproximaciones de precisión de uso tanto diurno como nocturno. Ver figura 9.



Figura 9. Sistema de luces de pista. Fuente: (AeroExpo, 2020)

### **Cumplimiento y Aplicaciones**

- Certificado para FAA AC 150 / 5345-46 Edición actual. Estas luces elevadas de corriente constante de alta intensidad ("HIEL") identifican el borde o umbral / final de la

pista. La lente interna se puede dividir a 180 ° para acomodar dos colores. El conjunto de la cabeza está montado en un elevador de 1 "o 2" de diámetro que se inserta en un acoplamiento frangible.

- El HIEL puede montarse en un conjunto de estaca o en una base L-867 con placas base 1935 (1.5 ") o 1932 (2") que se venden por separado. La luz se suministra con un conjunto de enchufe L-823 para la conexión a un transformador de aislamiento L-830. Sus características son:
  - La certificación ETL garantiza el rendimiento.
  - Lente externa de una pieza.
  - Cambios fáciles de la lámpara a través del sistema de tornillo de mariposa: sin banda de sujeción ni extracción de lente interna / externa.
  - El acabado duradero en polvo dura más.
  - El acoplamiento frangible roscado de 1.5 "o el 2" opcional coincide con las placas base / estacas existentes.
  - La vida promedio real de la lámpara excede por mucho la vida nominal de 1000 horas para menos cambios de lámpara.
  - Disponible en mayores alturas para visibilidad en el campo de nieve.
- **Eje de pista**



*Figura 10. Eje de pista. Fuente: (ADB Siemens, 2019)*

#### Cumplimientos y aplicaciones

- Cumple con la FAA: L-850A, L-850B
- AC 150 / 5345-46D
- OTAN Stanag 3316
- OACI Anexo 14
- Sistemas de iluminación de aeródromos para operaciones meteorológicas de categoría I, II y III.
- Adecuado para su uso como línea central de pista de inserción de alta intensidad y luces de zona de aterrizaje.

Sus características son las siguientes:

- Construcción ligera y robusta de aleación de aluminio.
- Eliminación y reemplazo del prisma sin necesidad de adhesivos o selladores.
- La óptica pre enfocada simplifica el mantenimiento.
- El tapón de prueba de presión garantiza una cavidad ligera a prueba de humedad.
- Manual de instalación y mantenimiento AVD 104.

#### Especificaciones

- Perfil bajo: proyección de 0,47 "(12 mm).
- Lámparas de larga duración: 1,500 horas a intensidad máxima. Más de 3,500 horas en uso normal.
- 6.6A de transformador de aislamiento de 45W, 100W o 200W. TDZ utiliza una lámpara de 1 de 45 / 49W. RWCL utiliza lámparas 2 a 45 / 49W.
- Acabado anodizado resistente a la corrosión. Sujetadores de acero inoxidable.
- Peso neto 11 lb. (5 kg). Peso bruto 13.2 lb. (6 kg).

## **Características de las Ayudas Visuales Iluminadas**

En cuanto a las características que las ayudas visuales iluminadas presentan, vienen descritas por lo que se llama las 4 “C”, por comenzar las palabras con la letra “C”, Configuración, Color, Cobertura y Candelas, yo pondría una referencia....

Configuración, es la primera característica y está referida a la forma de emplazamiento de las unidades que componen cualquier sistema de ayuda visual iluminada, especificando distancias entre ellas, distancias respecto al umbral de pista (sector desde donde se inicia el área destinada a las operaciones aéreas), etc.

Color, es la segunda característica y se refiere a los colores normados utilizados para diferenciar las señales de las ayudas visuales iluminadas.

Cobertura, esta característica se refiere a los sectores en los que son visibles las ayudas visuales iluminadas y a la reducción del deslumbramiento.

Candelas, siendo esta una unidad de intensidad lumínica, las recomendaciones que la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) emite, son curvas de isocandelas las cuales deben cumplirse y que varía de acuerdo a la posición y función de las ayudas visuales iluminadas (Diagramas publicados en el documento Anexo 14 – OACI).

Se sabe que la agudeza visual y la sensibilidad frente al deslumbramiento varían según las personas, la edad de ellas y el grado de fatiga. Un elemento importante para el deslumbramiento es la transmisibilidad atmosférica, que varía cuando es de día, atardecer, noche o cuando existe niebla.

Para otorgar un buen servicio, dentro las operaciones aéreas, a los pilotos evitando los problemas de deslumbramiento, los reguladores de corriente constante poseen un rango de variación de intensidad lumínica (variación de brillo) que depende de las características de las ayudas visuales.

Por lo general las luces de alta y media intensidad poseen de 3 a 5 niveles de intensidad, en cambio la luz de baja intensidad solo posee un solo nivel de intensidad.

Finalmente, las ayudas visuales más críticas, deben tener un alto grado de continuidad en la emisión de sus señales, por lo que se tienen dos circuitos eléctricos en las luces de borde de pista y luces de aproximación, en caso de falla de uno de ellos el otro se mantiene operable y aun son visibles las señales luminosas.

**Configuración:** Las luces deberán estar instaladas en dos filas paralelas y equidistantes del eje de pista, espaciadas uniformemente a intervalos no mayores de 60 metros en el caso de una pista de vuelo por instrumentos y a intervalos no mayores de 100 metros en una pista de vuelo visual.

Color: Se utiliza el color blanco.

Cobertura: Son visibles en todos los sentidos, poseen también 5 niveles de brillo variándose de acuerdo con las condiciones meteorológicas reinantes.

- **Sistema de luces de identificación de umbral de pista**

Siglas: REIL (Runway End Identifier Lights).

Las luces de identificación de umbral pista tiene como finalidad proporcionar a los piloto Señales luminosas que muestren el inicio de la pista (umbral de pista), además del ancho Aproximado de la misma. Son luces de destellos (estroboscópicas) cuya frecuencia de Destello debe ser de 60 a 120 veces por minuto.

Configuración: Las luces deberán estar instaladas simétricamente respecto del eje de pista, Alineadas con el umbral y a 10 metros al exterior de cada línea de luces de borde de pista. Constan de 2 unidades instaladas a cada lado del umbral.

Color: Se utiliza el color blanco.

Cobertura: Son visibles solo son en el sentido de aproximación.

Ver figura 11.



Figura 11. Luces de identificación de umbral de pista. Fuente: (Adbsafegate, 2020)

- **Cumplimientos y aplicaciones**

Certificado por la FAA AC 150 / 5345-46 (edición actual). FAA Engineering Brief No. 67 Las luces de borde de pista LED L-861 con certificación ETL se utilizan para identificar el borde de la pista y el umbral / final en la aviación general y aeropuertos de tamaño Medio. Cada L-861 está construido a partir de un cuerpo de aluminio fundido a presión, con recubrimiento en polvo en amarillo de aviación. Los L-861 cuentan con LED de larga duración que reducen el consumo de energía, aumentan la confiabilidad y reducen los costos operativos. Se incluye un cable resistente con un conector estilo L-823 de goma para conectar al secundario de un transformador de aislamiento 6.6A. Cada L-861 incluye un acoplamiento frangible de 1.5 "(estándar) o 2.0" para fijar el accesorio a una placa base o estaca de montaje de estilo L-867. Las alturas de montaje estándar son de 14, 24 y 30 Pulgadas.

### **Características**

- Aplicable a los requisitos L-861 (L) y L-861E (L).
- Lente de vidrio coloreado para un fácil reconocimiento durante el día.
- El sistema de doble sellado crea un conjunto de cabezal hermético.
- Componentes robustos de estado sólido.
- Cumple con los requisitos de intensidad en reguladores de 3 o 5 pasos.
- El acabado duradero en polvo dura más.
- Reduce el consumo de energía.
- LED de larga duración.

- Juego de cables sellado para evitar la entrada de insectos.
- El acoplamiento frangible roscado de 1.5 "o la rosca opcional de 2" coincide con las placas base / estacas existentes.

### **Sistema de luces de final de pista**

Siglas: RENL (Runway End Lights).

Las luces de final pista tienen como finalidad proporcionar a los pilotos señales luminosas que muestren el sector donde finaliza la franja de despegue. Son unidades de tipo empotrado, es decir se encuentran instaladas dentro de la pista, el material del que son fabricados ha sido probado para que a través de él pueda rodar una aeronave.

Configuración: Se instalarán este tipo de luces en pistas que estén equipadas con luces de borde de pista. Colocadas perpendicularmente al eje de pista tan cerca del final de la pista como sea posible. Serán por lo menos 6 luces espaciadas uniformemente.

Color: Se utiliza el color rojo, pues indica precaución, ya que posterior a estas luces no existe mayor superficie para realizar el despegue correspondiente.

Cobertura: Son visibles solo son en el sentido de despegue.

### **Sistema de luces de umbral de pista**

Siglas: RTHIL (Runway Threshold Illumination Lights).

La luz de umbral pista tiene como finalidad proporcionar a los pilotos señales luminosas que muestren el inicio de la pista (umbral de pista).

Configuración: Se instalarán este tipo de luces en pistas que estén equipadas con luces de borde de pista. Colocadas perpendicularmente al eje de pista tan cerca de umbral de pista como sea posible separadas uniformemente cada 3 mts. (Pista Categoría I).

Color: Se utiliza el color verde, indicando que a partir de este sector existe la superficie correspondiente para que cualquier aeronave pueda aterrizar.

Cobertura: Son visibles solo son en el sentido de aproximación. Ver figura 12.



*Figura 12. Cobertura. Fuente: (Flight Lighting Inc., 2020)*

El 12 "L-850 RCL actúa como una línea central de pista y una luz de zona de toma de contacto. El RCL es una luz bidireccional, típicamente blanca / blanca o blanca / roja. La L-850 TDZ es una luz unidireccional blanca.

### **Detalle del producto**

ETL certificado.

La nueva tecnología Wavetrac™ reduce el consumo de energía hasta en un 80% en comparación con la incandescente.

Tecnología LED de larga duración con vida útil estimada superior a 50,000 ha 6.6 A Polvo y estanco a IP68.

El diseño modular hace que los accesorios sean fáciles de mantener con menos piezas para almacenar.

Compatible con todos los tipos de CCR conocidos.

3.5 El factor de cresta garantiza la compatibilidad con los CCR de la serie

Protección contra sobretensiones de 10kV / 5kA

La temperatura de funcionamiento de -40 ° C a + 85 ° C garantiza un movimiento seguro de la aeronave en los lugares más difíciles.

Monitoreo de fallas de accesorios.

0,88 segundos de tiempo de encendido (Referencia).



correctivo. El sistema de luces borde de pista cuenta con 132 lámparas las cuales estas en 4 grupo de la siguiente manera

**Grupo 1**

Lámparas de borde de pista con frangible L-862 LED filtros blanco-blanco en total 42 lámparas

**Grupo 2**

Lámparas de borde de pista con frangible L-862 LED filtros blanco-Amarillo en total 60 lámparas

**Grupo 3**

Lámparas de borde de pista empotradas y umbral de pista L-850 LED P/N IREL/3220110 en total 28 lámparas

El costo unitario y total se ve reflejado en la tabla 6.

**Factibilidad Económica y Técnica**

- **Consumo del sistema led**

*Tabla 6.  
Consumo LED.*

UBICACIÓN	NUMERO DE LAMPARAS	POTENCIA	TOTAL POTENCIA KW	TIEMPO EN HORAS OPERACIÓN	TOTAL DE KW DIARIOS	TOTAL DE KW MES
Eje de pista	114	24	2.736	14	38.304	1149.12
Zona de contacto	190	12	2.28	14	31.92	957.6
Borde de pista	130	45	5.85	14	81.9	2457
						4563.72
						\$ 2,564,810.64
kw\$	562			<b>TOTAL ANUAL</b>		<b>\$ 30,777,727.68</b>

*Fuente: Elaboración propia.*

- **Mano de obra instalación sistema led**

Ver tabla 7.

Tabla 7.  
Instalación mano de obra.

MANO DE OBRA	PRECIO HORA	TIEMPO DE INSPECCION DE TODAS LAS LAMPARA	COSTO DE INSPECCION DE TODAS LAS LUCES MENSUAL	COSTOS DE MANO DE OBRA ANUAL
1 TECNICOS	\$ 9,455.00	2	\$ 37,820.00	\$ 453,840.00
1 CONDUCTOR	\$ 3,750.00	1	\$ 15,000.00	\$ 180,000.00
			TOTAL	\$ 633,840.00

Fuente: Elaboración propia.

### Sistema Halógeno VS Sistema Led

En las tablas 8 y 9 se muestran los costos del sistema actual (halógeno) y del sistema led.

Tabla 8.  
Costos sistema halógeno.

INSUMOS	\$ 41,095,467.28
CONSUMO DE ENERGIA	\$ 130,475,358.72
MANO DE OBRA	\$ 15,839,340.00
COMPRA DE BOMBILLAS	\$ 64,780,000.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 252,190,166.00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9.  
Costos sistema LED.

INSUMOS	CERO INSUMOS
CONSUMO DE ENERGIA	\$ 30,777,727.68
MAN DE OBRA	\$ 633,840.00
REPUESTOS	CERO REPUESTOS
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 31,411,567.68</b>

## Sistema actual vs sistema led

En la Figura 13 se presenta la toma de datos y los eventos anteriormente mencionados. El proyecto puede ser factible y muy viable para el concesionario del aeropuerto José María Córdova de Rionegro, Antioquia.

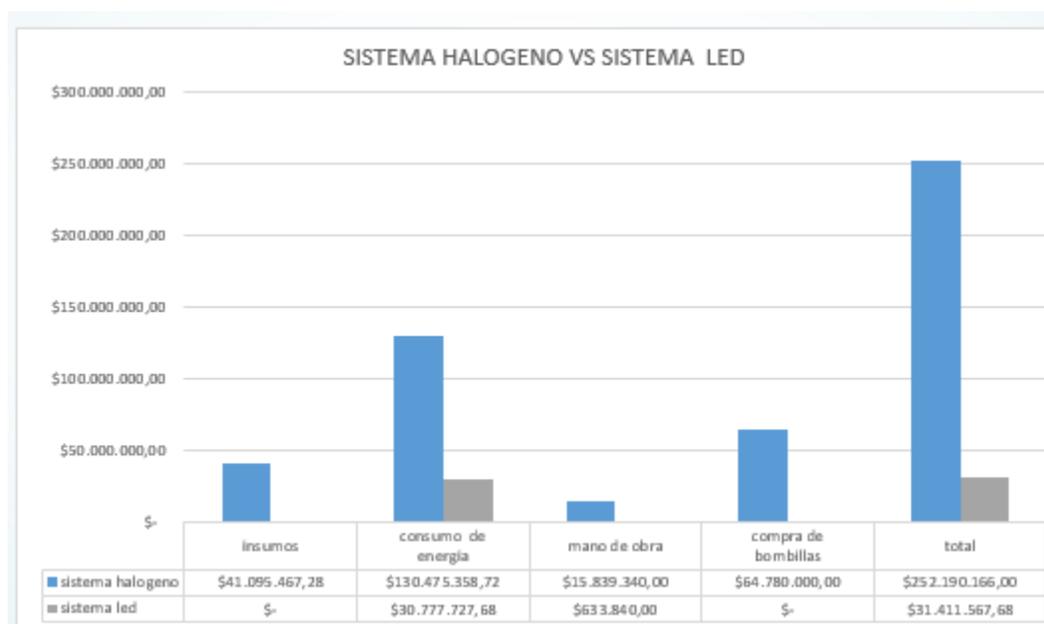


Figura 13. Comparativo de costos. Fuente: Elaboración propia.

Este proyecto reúne todos los parámetros para llevar a cabo la modernización en el aeropuerto José María Córdova. Mediante la investigación se determina que hace parte de un proyecto a gran escala y muy rentable para este aeropuerto ya que mejorara las condiciones de seguridad operacional y para la gestión de mantenimiento

El proyecto debe de cumplir con las normas estipuladas por la aviación colombiana basados en normal nacional e internacionales y así garantizar la confiabilidad y eficiencia del sistema moderno. Los resultados se verán reflejados de inmediatos garantizando una operación continua y ayudando a la gestión de mantenimiento.

El aeropuerto de Rionegro José María Córdova implementaría la modernización de las ayudas visuales con el respaldo de la aeronáutica civil se planteará como una obra complementaria, ya que este sistema será una gran inversión y mejora para las operaciones dando seguridad a las operaciones.

El ahorro de energía en las instalaciones del aeropuerto será notable de inmediato, de igual manera la vida útil de las luminarias será cincuenta veces mayor frente a las balizas convencionales instaladas (Halógenas).

Respecto a las instalaciones será necesario disponer de técnicos e ingenieros calificados para ejecutar las labores de instalación mencionados para la modernización, se involucre el personal aeronáutico para que supervisen y controlen los trabajos de puesta en marcha

### **Metodología de la Propuesta de Modernización**

Con la investigación de este proyecto y los resultados es importante lo siguiente:

Garantizar la seguridad de las operaciones aéreas, mejorar la eficiencia lumínica de lámparas, mejorar la gestión de mantenimiento, disminuir costos de energía y de repuestos, disminuir tiempo fuera de servicio por lámparas fuera en mal estado propone lo siguiente:

- Renovar y modernizar los sistemas de ayudas visuales.
- Cambiar el sistema de ayudas visuales sencilla de acuerdo al análisis de disponibilidad de servicio se propone que se instalen iluminación led de última tecnología con certificaciones
- Implementar un software de gestión, para control que pueda integrar todos los sistemas de ayudas visuales, que refleje los consumos de energía, los repuestos para el mantenimiento para el nuevo sistema moderno y compararlo con datos histórico con el sistema sencillo de lámparas halógenas

Implementar una guía de mantenimiento de los nuevos sistemas.

### **Conclusiones**

Los actuales sistemas de lámparas halógeno no son recomendados para el aeropuerto internacional José María Córdova, dado a que estas presentan desgastes en sus partes y sus repuestos no son de alta rotación en el mercado.

El sistema actual de luces halógenas presenta alto consumo energético generando altos costos para el aeropuerto José María Córdova.

Las luces de borde de pista, eje de pista y zona de contacto es necesario cambiarlas para cumplir los requerimientos establecidos por la aeronáutica civil.

La obligación de innovar y estar actualmente a la mano de los avances tecnológicos en los sistemas de ayudas visuales aeroportuarias ayudara al total cumplimiento de las recomendaciones pautadas por los organismos nacionales e internacionales; los cuales nos hablan del mejoramiento en materia de la seguridad de operaciones aeroportuarias.

Los nuevos sistemas LED'S ayudara a una mayor rentabilidad financiera en la organización, dado al alto ahorro energético que presenta las lámparas con esta tecnología, y el gran ahorro respecto a la mano de obra que requiere el sistema halógeno. Como se refleja en la figura 13. Donde se indica significativamente un ahorro en el costo de insumos de \$ 41.095.467 implementando el sistema LED y en el costo de consumo energético del sistema halógeno respecto al sistema LED sería un ahorro de \$ 99.697.631 y otro ahorro importante sería el de costo de la compra de bombillas que es de \$ 64.780.000 ya que el sistemas LED no tendría este costo, estas iluminarias cuentan con una garantía de 5 años por el proveedor. El ahorro total sería de \$220.778.599 anuales.

La necesidad de modernizar los sistemas de ayudas visuales del Aeropuerto ayudara al mejoramiento de la seguridad operacional aérea.

En base a un análisis técnico se propone instalar un sistema de luces de aproximación que reemplaza al sistema sencillo de aproximación anterior. Permite contar con ayudas visuales que admiten las operaciones con una altura decisión no inferior a 60 metros, por lo que tienen mayores ventajas en seguridad ante la aproximación sencilla.

La duración de las luces LED es de 56.000 horas en alta intensidad y 100.000 horas en condiciones normales brinda una reducción significativa o incluso la eliminación de gastos constantes de mantenimiento.

## Referencias

ACI. (2013). Guía para el mantenimiento de las pistas, de acuerdo con el Anexo 14 de la OACI. *ACI*, 19.

ADB Siemens. (4 de Diciembre de 2019). <https://studylib.es>. Obtenido de <https://studylib.es/doc/4661453/luz-elevada-de-alta-intensidad-de-aprox>

Adbsafegate. (5 de Marzo de 2020). <https://es.adbsafegate.com>. Obtenido de <https://es.adbsafegate.com/product-center/airfield/?prod=ace3-advanced-control-equipment>

AeroExpo. (2 de Febrero de 2020). <https://www.aeroexpo.online/es>. Obtenido de <https://www.aeroexpo.online/es/prod/hughey-and-phillips/product-169369-59771.html>

Aeronáutica Civil. (30 de Enero de 2020). <http://www.aerocivil.gov.co>. Obtenido de <http://www.aerocivil.gov.co/servicios-a-la-navegacion/planes-de-navegacion-aerea-para-colombia>

AIRPLAN. (12 de Enero de 2020). <https://intranet.airplan.aero>. Obtenido de [https://intranet.airplan.aero/public/assets/images/original/M01ManualdelSGSMS-V409-09-2019\\_831689.pdf](https://intranet.airplan.aero/public/assets/images/original/M01ManualdelSGSMS-V409-09-2019_831689.pdf)

Amazon. (20 de Abril de 2020). <https://www.amazon.com>. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/OSRAM-64382HLX-1%C3%A1mpara-hal%C3%B3gena-aer%C3%B3dromo/dp/B00BF9NMEG>

ICAO. (14 de 12 de 2019). <https://www.icao.int>. Obtenido de [https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFASS/10\\_SMS.pdf](https://www.icao.int/SAM/Documents/2014-ADSAFASS/10_SMS.pdf)

ICAO. (21 de Noviembre de 2019). <https://www.icao.int>. Obtenido de <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2016/OACIFAA/ICA-D2-P04.pdf>

ICE. (4 de Febrero de 2020). <https://www.grupoice.com>. Obtenido de <https://www.grupoice.com/wps/wcm/connect/7a8a521a-219f-43fa-a751->

90562cea7cfc/Consumo+de+electrodom%C3%A9sticos+en+el+hogar%2C+cualcule.pdf?  
MOD=AJPERES&CVID=m7EvvEV

Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil. (10 de Diciembre de 2019).

*http://www.aerocivil.gov.co*. Obtenido de *http://www.aerocivil.gov.co/autoridad-de-la-aviacion-civil/reglamentacion/RAC/RAC%20%2014%20-%20Aer%C3%B3dromos,%20%20Aeropuertos%20y%20Helipuertos.pdf*