

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y**  
**ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



**“AYUDAS LUMINOSAS PARA LA PISTA DE**  
**ATERRIJAJE DEL NUEVO AEROPUERTO**  
**INTERNACIONAL DE CHINCHERO- CUSCO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRICISTA

**PRESENTADO POR:**  
**TITO BRUNO CELIS ESTRADA**

**Callao, diciembre 2018**

**PERÚ**

# ACTA PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS SIN CICLO DE TESIS

A LOS 24 DÍAS DEL MES DE ABRIL DEL 2018 SIENDO LAS 16:00 HORAS SE REUNIÓ EL JURADO EXAMINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA CONFORMADO POR LOS SIGUIENTES DOCENTES ORDINARIOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO (RES. N° 011-2018-DFIEE).

Mp. Sc. ING. ÁLVARO HUMBERTO VELARDE ZEVALLOS PRESIDENTE  
Mp. ING. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA SECRETARIO  
Mp. ING. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA VOCAL

CON EL FIN DE DAR INICIO A LA EXPOSICIÓN DE TESIS DEL SEÑOR BACHILLER EN INGENIERÍA ELÉCTRICA QUIEN HABIENDO CUMPLIDO CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN LA NORMATIVA SOSTENTARÁ LA TESIS TITULADA: "AYUDAS LUMINOSAS PARA LA PISTA DE ATERRIZAJE EL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CHINCHERS-CUSCO" CON EL QUÓRUM REGLAMENTARIO DE LEY, SE DIO INICIO A LA EXPOSICIÓN, CONSIDERANDO LO ESTABLECIDO EN EL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS CORRESPONDIENTE A LA OTORGAMIENTO DEL TÍTULO PROFESIONAL POR LA MODALIDAD DE TESIS SIN CICLO DE TESIS, EFECTUADAS LAS DELIBERACIONES PERTINENTES SE ACORDÓ:

DAR POR APROBADO CALIFICATIVO BUENO, NOTA 15 AL EXPOSITOR SEÑOR BACHILLER COLLA ESTRADA TITO BUENO, CON LO CUAL SE DIO POR CONCLUIDA LA SESIÓN, SIENDO LAS 17:15 HORAS DEL DÍA DEL MES Y AÑO EN CURSO.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
OFICINA DE SECRETARÍA GENERAL  
EL SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO, Lic. Cesar Guillermo Jaraña Villalón, en su calidad de representante legal, declara que el presente es copia fiel del original de expedido la presente certificación a solicitud del (o) interesado (a) para los fines que lo requiera.  
Callao, 05 JUL 2018  
Lic. Cesar Guillermo Jaraña Villalón  
Secretario General

*[Signature]*  
PRESIDENTE

*[Signature]*  
SECRETARIO

*[Signature]*  
VOCAL

Mp. Sc. ING. ÁLVARO HUMBERTO VELARDE ZEVALLOS

Mp. ING. CARLOS ALBERTO HUAYLLASCO MONTALVA

Mp. ING. PEDRO ANTONIO SÁNCHEZ HUAPAYA

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios, mis padres, y mi familia. A Dios porque siempre ha estado a mi lado 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 Madre Lilia y a mi Abuela Hilda, es por todos ellos que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

**Tito Bruno Celis Estrada**

## ÍNDICE

Resumen.....	6
Abstract.....	7
I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.1 Identificación del problema.....	8
1.2 Formulación del problema.....	9
1.3 Objetivos de la investigación.....	10
1.4 Justificación.....	11
1.5 Importancia.....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Antecedentes del estudio.....	18
2.2 Principios Básicos Normativos.....	21
2.3 Principios Legales – Estado Peruano:.....	23
2.4 Principios Básicos Técnicos.....	24
2.5 Definiciones de Sistemas de aeronavegación – Ayudas Luminosas:.....	25
2.6 Definiciones de Sistemas de aeronavegación – Categorización de Pista.....	27
2.7 Definiciones Técnicas – Equipos Ayudas Luminosas Sistemas de Aproximación.....	30
2.8 Definiciones Técnicas – Equipos Ayudas Luminosas Pista CAT I.....	37
2.9 Definiciones Técnicas – Sistema Eléctrico.....	40
2.10 Diseño técnico del proyecto.....	43
III. VARIABLES E HIPÓTESIS.....	70
3.1 Variables de la investigación.....	70
3.2 Operacionalización de variables.....	71
3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas.....	71
IV. METODOLOGÍA.....	72
4.1 Tipo de investigación.....	72
4.2 Diseño de la investigación.....	73

4.3	Población y muestra .....	74
4.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	76
4.5	Procesamiento estadístico y análisis de datos.....	76
V.	RESULTADOS.....	78
5.1	Presentación de los resultados.....	78
VI.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	79
6.1	Contrastación de la hipótesis con los resultados .....	79
VII.	CONCLUSIONES .....	80
VIII.	RECOMENDACIONES.....	81
IX.	APORTES PERSONALES .....	82
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	83
	ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

		Página
TABLA I	CUADRO DE MOVIMIENTO GENERAL DE PASAJEROS EN EL CUZCO	12
TABLA II	DATOS TECNICOS – VERTICES DE COORDENADAS	20
TABLA III	CATEGORIZACION DE PISTA	28
TABLA IV	CIRCUITOS SERIES VS CIRCUITOS PARALELOS	64
TABLA V	CÁLCULOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AYUDAS LUMINOSAS – CABECERA 16	67
TABLA VI	CÁLCULOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AYUDAS LUMINOSAS – CABECERA 34	68

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

		Página
GRAFICO I	MOVIMIENTO GENERAL DE PASAJEROS EN EL CUZCO	13
GRAFICO II	PRONOSTICO DE TRAFICO DE PASAJEROS EN EL AICC POR TIPO DE VUELO	19

## ÍNDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1.1	Maravillas Turísticas del Cuzco	14
Figura 1.2	Disposición geográfica del Aeropuerto Velasco Astete	15
Figura 2.1	Infografía del Nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero	18
Figura 2.2	Plano del Área perimetral del Nuevo Aeropuerto	21
Figura 2.3	Sistema de Luces de Aproximación a través de un software de simulación.	26
Figura 2.4	Sistemas de Ayudas luminosas – Pista de aterrizaje	27
Figura 2.5	Categoría de Pistas por Visibilidad	28
Figura 2.6	Cuadro de Sistema de Ayudas Luminosas por Categoría	29
Figura 2.7	Imagen de un sistema de Aproximación de Precisión CAT II	30
Figura 2.8	Sistemas sencillos de Iluminación de Aproximación	32
Figura 2.9	Sistemas de Iluminación de Aproximación de precisión CAT I	34
Figura 2.10	Sistemas de indicadores de trayectoria de aproximación	36
Figura 2.11	Explicación del funcionamiento de los sistemas de pendiente	37
Figura 2.12	Pista de aterrizaje del Aeropuerto de Fiuminico, Italia	40
Figura 2.13	Pista de aterrizaje del Aeropuerto de Madrid	41
Figura 2.14	Regulador de Corriente Constante	42
Figura 2.15	Plano del Área perimetral del Nuevo Aeropuerto	44
Figura 2.16	Sistema de Aproximación CAT I	45
Figura 2.17	Estructuras tipo Barretas	46
Figura 2.18	Características fotométricas en candelas	47
Figura 2.19	Luces de Aproximación	47
Figura 2.20	Diseño en Autocad CKTOS Aproximación	48
Figura 2.21	Consideración de Instalación Sistema PAPI	49

Figura 2.22	Ángulos de Reglaje de una trayectoria de planeo PAPI 3°	49
Figura 2.23	Diagrama de Instalación y equipos del sistema PAPI	50
Figura 2.24	Imagen Luces de Borde de Pista	51
Figura 2.25	Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista	52
Figura 2.26	Diagrama de los Circuitos Luces Borde de Pista	53
Figura 2.27	Imagen Luces de Umbral de Pista	54
Figura 2.28	Diagrama fotométrico Luces de Umbral de Pista	55
Figura 2.29	Diagrama fotométrico Luces de Barra de Ala	55
Figura 2.30	Imagen Luces de Umbral de Pista Bidirrecional	56
Figura 2.31	Diagrama fotométrico Luces de Extremo de Pista (Luz Roja)	57
Figura 2.32	Diagrama fotométrico Luces de Umbral de Pista	57
Figura 2.33	Diagrama de los Circuitos Umbral/Extremo/Barra de Ala	59
Figura 2.34	Imagen Luces de Borde de Calle de Rodaje	60
Figura 2.35	Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista – Tramo recto	61
Figura 2.36	Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista – Tramo Curvo	61
Figura 2.37	Diagrama de los Circuitos Luces Borde de Pista	62
Figura 2.38	Imagen Regulador de Corriente Constante	63
Figura 2.39	Imagen Componentes del circuito serie	65
Figura 2.40	Imagen del circuito secundario	65
Figura 2.41	Imagen del circuito secundario	66
Figura 2.42	Diseño en AutoCAD del Aeropuerto	69

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo demostrar que la implementación del sistema de Ayudas Luminosas en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero, garantiza la operatividad de las actividades de aeronavegación, ya sea durante la aproximación, el aterrizaje, el despegue y el desplazamiento de las aeronaves. La metodología de investigación fue aplicada, con un enfoque cualitativo-cuantitativo, porque se trabajó en sentido participativo con especialistas inmersos en el problema, considerando la realidad dinámica y cambiante. Además, cuantitativo porque se priorizó la toma de decisiones del investigador en la solución del problema. Los resultados finales evidenciaron que luego de la evaluación del diseño, se confirma que el diseño cumple con todas las expectativas requeridas para que la pista del Nuevo Aeropuerto Internacional de Chincheros - Pista de vuelo 16-34 ILS CAT 1 de 4,000 m x 45 m (Cód. de ref. OACI 4-E).

Se concluyen que: El diseño y la implementación de todos los sistemas de Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto internacional de Chinchero categoría CAT I cumplen con lo establecido según el Anexo 14 y la OACI, garantizando así todas las operaciones aeroportuarias.

**Palabras clave:** Ayudas luminosas, pista de aterrizaje, diseño.

## **ABSTRACT**

The present investigation had as objective to demonstrate that the implementation of the system of Luminous Aids in the runway of the new International Airport of Chinchero, guarantees the operability of the activities of air navigation, either during the approach, the landing, the takeoff and the displacement of the aircraft. The research methodology was applied, with a qualitative-quantitative approach, because it was worked in a participative sense with specialists immersed in the problem, considering the dynamic and changing reality. Quantitative because I prioritize the decision making of the researcher in solving the problem. The results showed that after the design evaluation it is confirmed that the design meets all the expectations required for the runway of the New International Airport. Flight lane 16-34 ILS CAT 1 of 4,000 m x 45 m (Ref. Code ICAO 4-E).

Concluding that: The design and implementation of all lighting aid systems for the runway of the new international airport of Chinchero category CAT I comply with the provisions of Annex 14 and ICAO, thus guaranteeing all airport operations.

**Keywords:** Luminous aids, landing strip, design.

# **I. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Identificación del problema**

En la actualidad, el continuo crecimiento de las operaciones aeronáuticas en la región del Cusco, sumado a la variabilidad climatológica de la zona, representa un gran factor de inseguridad para las operaciones aeronáuticas y turísticas.

El Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA), presenta limitaciones tanto técnicas como operacionales para poder abastecer el incremento futuro del tránsito de pasajeros, por lo tanto, el Estado procedió a encomendar el proyecto y la construcción de un nuevo Aeropuerto Internacional.

Pero hay que tener en cuenta que existen entidades reguladoras, como la OACI (Organización de Aviación Civil Internacional), IATA (Asociación Internacional de Transporte Aéreo) y FAA (Administración de Aviación Federal), que establecen un lineamiento en el diseño y construcción de los aeródromos, y en especial de la pista de aterrizaje, tanto en calidad, seguridad, tecnología y operatividad.

El problema principal radica en buscar una forma de garantizar la seguridad de las operaciones aeronáuticas en la nueva pista

de aterrizaje, ya sea mientras se efectúa la aproximación, el aterrizaje, el despegue o el desplazamiento de aeronaves en sus inmediaciones.

## **1.2 Formulación del problema**

El crecimiento de las operaciones aeronáuticas en la región de Cuzco, la limitada capacidad operativa de la actual pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Alejandro Velazco Astete en conjunto con las diferentes condiciones de climatológicas y de visibilidad, hacen que los diferentes sistemas para la aeronavegación instalados resulten insuficientes, por lo que se incrementa el índice de inseguridad para todas las operaciones aéreas enfocadas en dicha zona.

Se requiere por lo tanto una pista de aterrizaje que pueda brindar las condiciones de seguridad necesarias y solicitadas por las diferentes entidades internacionales, y que además salvaguarde la vida de los usuarios y pasajeros.

### **Problema general**

¿De qué manera los sistemas de Ayudas luminosas pueden garantizar la operatividad en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco?

### **Problemas específicos**

¿Cuáles serían los problemas económicos y turísticos de contar únicamente con un solo aeropuerto internacional en el Cusco?

¿Se podrá mejorar las características operacionales de las ayudas luminosas en la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA)?

¿Qué tipo de parámetros y normativas se deben tener en cuenta al momento de la implementación un sistema de Ayudas Luminosas para poder cumplir con lo establecido por las entidades reguladoras?

### **1.3 Objetivos de la investigación**

Los objetivos de la investigación propuestos son los siguientes:

#### **Objetivo general**

Demostrar que la implementación de los sistemas de Ayudas Luminosas en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero, garantiza en todo momento la operatividad de las actividades de aeronavegación en cada uno de sus procesos.

### **Objetivos específicos**

- Apoyar el potencial turístico que se encuentra por desarrollar, en el distrito de Chinchero.
- Cumplir con las expectativas del crecimiento del tráfico aéreo en el Perú y el Cusco.
- Ofrecer la posibilidad de una futura ampliación de los sistemas de Ayudas Luminosas en la nueva pista de aterrizaje para optar por la categoría CAT II.
- Dar la categorización de Aeropuerto Internacional, gracias al cumplimiento de las normas impuestas por las entidades reguladoras internacionales.
- Fomentar la inclusión laboral de más profesionales de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad del Callao en el sector Aeronáutico.

### **1.4 Justificación**

El turismo, uno de los principales motores del desarrollo de nuestro país y de la región del Cusco; debe ser tratado con suma importancia, en especial todos aquellos proyectos o medidas que fomenten el crecimiento de dicha actividad económica.

La sociedad involucrada con la actividad turística debe estar preparada para poder afrontar los diversos cambios

urbanísticos, sociales y económicos que surgen como consecuencia del crecimiento paulatino de la migración de las personas, en el caso de la investigación, el incremento de pasajeros y vuelos aéreos hacia un punto específico.

Es por tanto que la justificación de la presente investigación pone énfasis en los aspectos turísticos y aeronáuticos como puntos principales para dar la relevancia y criticidad correspondiente a esta problemática.

### **Aspecto Turístico**

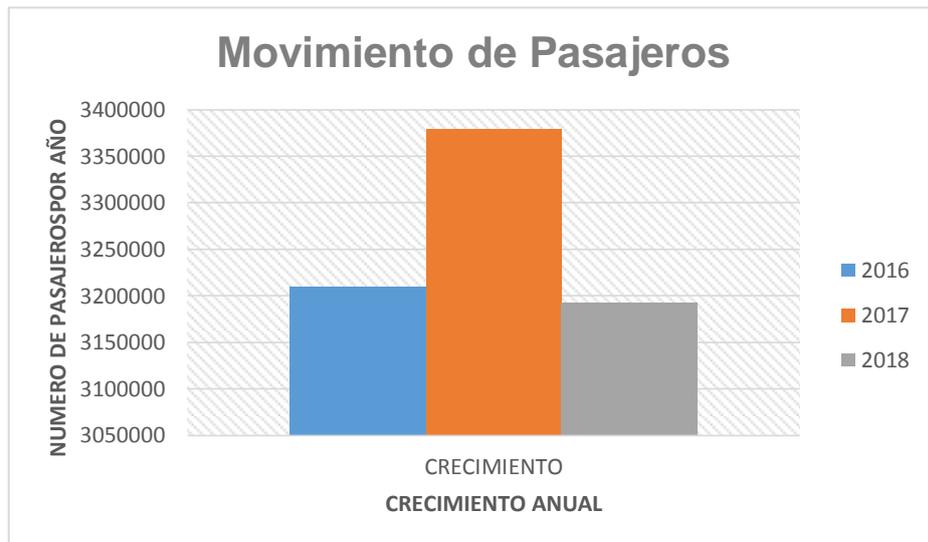
En la actualidad, el Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA) es **el segundo aeropuerto de mayor afluencia en el Perú**. En el año 2017 atendió a 3.3 millones de pasajeros.

**TABLA I. CUADRO DE MOVIMIENTO GENERAL DE PASAJEROS EN EL CUZCO**

	2016			2017			2018		
	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total	Doméstico	Internacional	Total
Enero	230 193	4 833	234 826	252 403	6 495	258 898	260 197	9 758	269 955
Febrero	221 284	4 757	226 041	225 802	6 155	231 957	245 888	9 385	255 233
Marzo	243 481	3 718	247 177	234 702	5 551	240 253	264 441	9 903	274 344
Abril	225 817	2 217	228 134	255 980	4 717	260 697	272 943	8 505	281 448
Mayo	284 542	2 844	287 486	288 344	6 887	275 231	318 375	9 082	327 437
Junio	283 766	2 339	286 105	275 750	7 754	283 504	303 438	7 773	311 211
Julio	309 787	3 886	313 683	328 725	9 278	338 003	373 439	10 248	383 688
Agosto	325 383	4 824	330 217	339 394	9 753	349 147	385 734	10 984	396 698
Septiembre	278 891	4 117	283 008	298 030	7 919	303 949	337 436	10 581	347 997
Octubre	294 784	4 864	299 648	312 431	8 409	320 840	333 840	10 768	344 608
Noviembre	255 315	4 512	259 827	259 808	7 932	267 740			
Diciembre	227 748	5 153	232 901	241 083	8 316	249 399			
<b>Total</b>	<b>3 161 081</b>	<b>48 072</b>	<b>3 209 153</b>	<b>3 290 452</b>	<b>89 166</b>	<b>3 379 618</b>	<b>3 095 711</b>	<b>96 908</b>	<b>3 192 619</b>

**Nota:** Cuadro estadístico mensual del tránsito de pasajeros en la ciudad del Cuzco Año 2016 – 2018 (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo – MINCETUR)

## GRAFICO I. MOVIMIENTO GENERAL DE PASAJEROS EN EL CUZCO



**Nota:** Evaluación grafica del movimiento del tránsito de pasajeros en la ciudad del Cuzco Año 2016 – 2018.

Según se observa las cifras con respecto a los años 2016 y 2017, la diferencia entre dichos valores representa un incremento del 5.31% aproximadamente. Puesto que el año 2018 no termina, se espera un incremento mayor al 6%.

Es por ello que es necesario preparar la infraestructura aeroportuaria para este crecimiento tan acelerado y no perder la oportunidad de brindar un servicio de calidad a todos los visitantes, teniendo en consideración que la actividad turística es una de las fuentes más importantes de ingreso económico para el país.



Figura N° 1.1 Maravillas Turísticas del Cuzco. Fuente: Imagen de paquete turístico brindado por la empresa Kullay travel <https://bit.ly/2J3S67R>

### **Aspecto Aeronáutico**

En la situación actual del AIVA (Aeropuerto Internacional Velazco Astete) se puede observar que existen indicadores y características que limitan la operatividad del mismo:

- Existen restricciones orográficas y meteorológicas que limitan su capacidad técnica.
- Las operaciones (aterrizajes y despegues) se realizan por una sola cabecera de pista.
- El perímetro del AIVA está rodeado de edificios comerciales y residenciales.
- Los residentes constantemente se quejan del ruido del aeropuerto.



Figura N° 1.2 Disposición geográfica del Aeropuerto Velasco Astete  
Fuente: Google Earth – Sector Perú Cuzco

Al conocer dicha situación, se busca soluciones que puedan atender las siguientes necesidades:

- Las expectativas de crecimiento sostenido del tráfico aéreo en el Perú y el Cusco.
- Fomentar el potencial turístico que todavía se encuentra en desarrollo, el cual corre el riesgo de no ser atendido por las limitaciones del AIVA.
- El difícil encaje del AIVA en el casco urbano del Cusco, que implica complicaciones operativas, de seguridad, contaminación acústica y de compatibilidad con las demandas de los ciudadanos.

Además, teniendo en cuenta que la infraestructura del Aeropuerto Internacional del Cusco, se encuentra prácticamente al límite de su

capacidad, y por consiguiente esto originaría una reducción del servicio para los próximos años, considerando el importante crecimiento en el flujo de pasajeros.

Es por ello que el Estado encomendó en el año 2010 a PRO-INVERSION, iniciar el proceso de promoción de la inversión privada para transferir al sector privado, a través de una Asociación Público – Privada (APP), la construcción y operación del nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en Chinchero (AICC). En la actualidad el Estado viene revisando este proyecto para su ejecución.

Esto acontecimientos brindan la oportunidad para realizar la siguiente investigación, teniendo en consideración que la parte más importante de la infraestructura del nuevo aeropuerto internacional, será la nueva pista de aterrizaje, la cual debe cumplir con las diferentes normativas para su implementación.

### **1.5 Importancia**

Se considera importante el desarrollo de esta investigación por el impacto socio-económico que este tipo de proyectos significa para el crecimiento del país. Y además para poder garantizar la aeronavegabilidad en el territorio peruano.

Por otra parte, en cuanto a su alcance, esta investigación abrirá nuevos caminos para futuros estudios que presenten características técnicas similares, pudiendo servir como marco referencial para estas.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del estudio

Para comprender la magnitud de la investigación, primero se requiere localizar la ubicación geográfica respectiva.

El nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en Chinchero, se encuentra situado en los distritos de Chinchero y Huayllabamba, provincia de Urubamba, Departamento de Cusco.

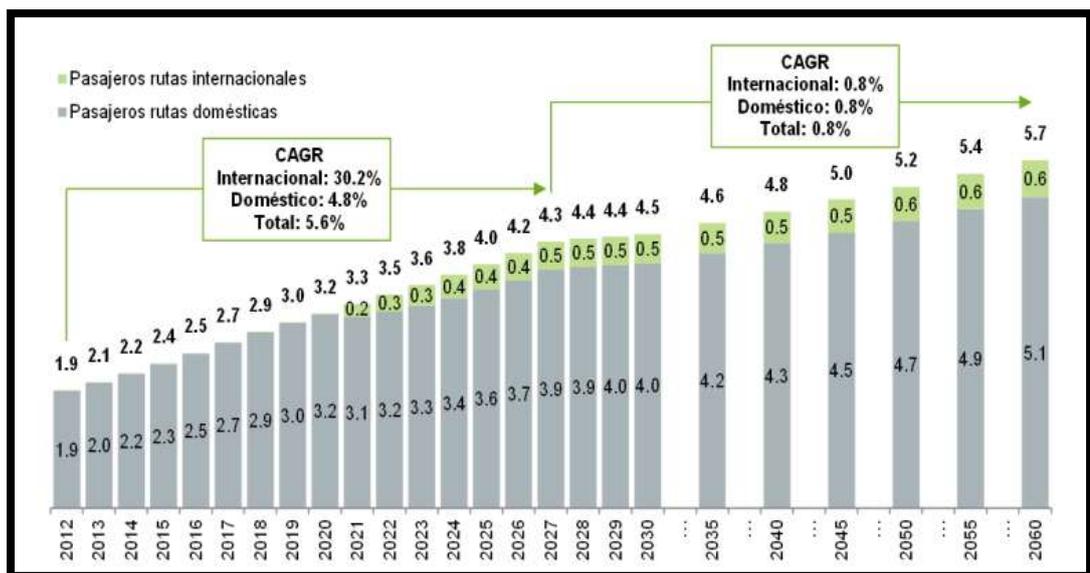
El proyecto del nuevo aeropuerto tiene un monto de inversión total aproximadamente de US\$658 Millones de Dólares (el cual incluye ampliaciones futuras y rehabilitaciones y/o mejoramiento).



Figura N° 2.1 Infografía del Nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero  
Fuente: Agencia de promoción del inversión privada -ProInversión

Dicho aeropuerto se ha planificado para poder cubrir el alto índice de pasajeros pronosticado en el tránsito aéreo para los próximos 40 años.

**GRAFICO II PRONÓSTICO DE TRÁFICO DE PASAJEROS EN EL AICC  
POR TIPO DE VUELO**



**Nota:** Evaluación grafica del movimiento del tránsito de pasajeros en el Aeropuerto Internacional de Chinchero (Agencia de promoción de la Inversión Privada – Proinversion)

### Características del nuevo aeropuerto

El proyecto del nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en Chinchero, cuenta con las siguientes características generales:

- Terminal de pasajeros IATA B de 40,000 m<sup>2</sup> (diseño amigable con el paisaje de la zona)
- Movimiento de Tierras de 16.8 MM m<sup>3</sup>.

- Pista de vuelo 16-34 ILS CAT 1 de 4,000 m x 45 m (Cód. de ref. OACI 4-E)
- Calle de rodaje paralela de 4,000 m
- Plataforma con capacidad para 13 posiciones de aeronaves comerciales y 140,000 m<sup>2</sup>
- Escenario de apertura con capacidad para 4.5 Mpax

El área perimetral del proyecto está delimitada por los siguientes vértices de coordenadas:

**TABLA II DATOS TECNICOS – VERTICES DE COORDENADAS**

VÉRTICE	LADO	DISTANCIA	ESTE (X)	NORTE (Y)
1	1-2	464.77	816316.2821	8520169.3869
2	2-3	1,613.94	816754.1938	8520325.0874
3	3-4	389.5	817297.9322	8518805.4977
4	4-5	283.2	817664.6895	8518936.6528
5	5-6	107.98	817760.0490	8518669.9930
6	6-7	1,737.78	817861.7415	8518706.3035
7	7-8	487.48	818446.9002	8517070.0107
8	8-9	1,772.09	817987.8859	8516905.8564
9	9-10	224.71	818584.5858	8515237.2434
10	10-11	277.51	818434.6128	8515069.8995
11	11-12	2,895.34	818173.3087	8514976.4678
12	12-13	94.33	817199.8307	8517703.2474
13	13-14	278.35	817110.9883	8517671.5362
14	14-15	93.91	817017.2613	8517933.6310
15	15-1	2,341.23	817105.6857	8517965.2523

**Nota:** Cuadro de coordenadas geográficas limitantes del proyecto del Nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero (Agencia de la promoción de la Inversión – Proinversion)

Los cuales se pueden observar en el siguiente gráfico:

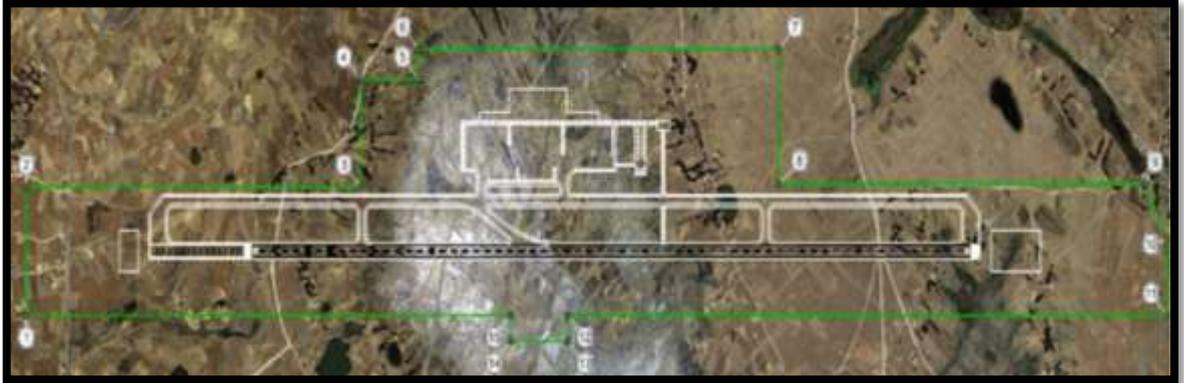


Figura N° 2.2 Plano del Área Nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero  
Fuente: Agencia de promoción del inversión privada - ProInversión

## 2.2 Principios Básicos Normativos

### Definiciones básicas de la Normativa:

- **OACI – Organización de Aviación Civil Internacional**

Organismo especializado de la ONU, creado en 1944, cuya función es velar y auditar la seguridad operacional y la protección de la aviación civil, siguiendo los preceptos acordados en el Convenio de Chicago, firmado 7 de diciembre de 1944.

- **CONVENIO DE CHICAGO**

Reunión en la que participaron 52 Estados y se definieron 19 anexos como aspectos fundamentales de la aviación civil, además se propuso la creación de un organismo que velase por el cumplimiento de dichas normas – OACI.

- **ANEXOS – CONVENIOS DE CHICAGO**

En cada uno de los 19 anexos, se pueden observar normas, definiciones y prácticas recomendadas, que han sido enmendados por la OACI como aspectos fundamentales y son los siguientes:

ANEXO 1	Licencias al personal
ANEXO 2	Reglamento del aire
ANEXO 3	Servicio meteorológico
ANEXO 4	Cartas aeronáuticas
ANEXO 5	Unidades de medida
ANEXO 6	Operaciones de aeronaves
ANEXO 7	Marcas de nacionalidad
ANEXO 8	Aeronavegabilidad
ANEXO 9	Facilitación
ANEXO 10	Telecomunicaciones
ANEXO 11	Radio ayudas
ANEXO 12	Búsqueda y Salvamento
ANEXO 13	Investigación de accidente
ANEXO 14	Aeródromos
ANEXO 15	Servicios de información
ANEXO 16	Protección del medio ambiente
ANEXO 17	Seguridad
ANEXO 18	Transporte de mercancía peligrosa
ANEXO 19	Gestión de seguridad operacional

Anexo 14 – Aeródromo Volumen I Diseño y Operaciones de Aeródromos, es el primer documento que se utilizara en el desarrollo de la investigación [1].

**Documentos relacionados al diseño:**

- **Manual de Diseño de Aeródromos – Parte 4**

Documento relacionado al diseño de Ayudas luminosas [2].

- **Manual de Diseño de Aeródromos – Parte 5**

Documento relacionado al diseño de los Sistemas Eléctricos [3].

### **2.3 Principios Legales – Estado Peruano**

En el Perú, el Ministerio de Transporte y Comunicaciones también conocida como MTC, es la máxima autoridad reguladora y de control de la Aeronáutica civil. Todo esto se realiza a través Dirección General de Aviación Civil “DGAC”, la cual fomenta y regula todo el desarrollo de las actividades de transporte aéreo en el territorio peruano, siguiendo los principios normativos (anexos y documentos) de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI). El MTC ha realizado la adaptación de todo este marco normativo, constituyendo así las normas regulatorias aeronáuticas peruanas (RAP)[4].

## **2.4 Principios Básicos Técnicos**

Se presentan a continuación las definiciones básicas técnicas con respecto al sistema de Ayudas Luminosas.

### **Definiciones básicas:**

Existen 4 conceptos básicos importantes para el diseño e instalación de los sistemas de Ayudas Luminosas, los cuales se describirán a continuación:

- **Configuración**

Hace referencia al emplazamiento y espaciado de los componentes que conforman un sistema. Estos equipos pueden estar distribuidos en hileras, en columnas, transversalmente y longitudinalmente.

- **Código de colores**

Sirve para identificar las diferentes funciones de los equipos que conforman el sistema de Ayudas Luminosa de las señales de iluminación que se encuentran en el Aeródromo.

- **Intensidad Luminosas (Candelas)**

En este punto se puede observar la primera gran diferencia con respecto al tratamiento regular de un sistema de iluminación.

### **Diferencia entre Candelas, Lumen y Lux**

**Lumen(lm)**, es la unidad que mide el flujo luminoso. Se trata de la medida de la potencia luminosa emitida por una fuente en una dirección sobre una respectiva área.

**Lux (lx)**, es la unidad para la iluminancia o nivel de iluminación. Usado para medir la incidencia de la luz sobre una superficie. Equivale a un lm/m<sup>2</sup>.

**Candela (cd)**, es la unidad de la intensidad luminosa en una dirección dada. Esta unidad es usada en la selectividad de los equipos de iluminación del sistema de Ayudas Luminosas. Existen varios factores que afectan la eficiencia de la intensidad luminosa como es la transmisibilidad de la atmosfera.

- **Cobertura**

Hace mención a los diferentes dispositivos luminosos, que se deben utilizar en las Ayudas Luminosas con las configuraciones respectivas de modo que abarquen una gama de trayectorias y de transmisibilidades atmosféricas.

### **2.5 Definiciones de Sistemas de aeronavegación – Ayudas**

#### **Luminosas:**

Con el fin de garantizar en cualquier instante la seguridad de las actividades de Aeronavegación, se requiere la utilización de los sistemas de Ayudas Luminosas y referencias visuales, ya

sea mientras se efectúa la aproximación, el aterrizaje, el despegue o el desplazamiento de aeronaves en las inmediaciones del Aeropuerto.

Es por ello, que el área de impacto de la investigación, es la nueva pista de aterrizaje, la cual tiene una longitud de 4 kilómetros. Además, es importante tomar en cuenta que existen 2 áreas destacadas en el sistema de aeronavegación – ayudas luminosas, las cuales son:

- **Sistemas de iluminación de aproximación:**

Sistema de iluminación que se encuentra instalado fuera de la zona de pista activa, cumple la función de guiar al piloto en el proceso de aterrizaje y reconocimiento de la pista.



Figura N° 2.3 Sistema de Luces de Aproximación a través de un software de simulación. Fuente página especializada en Aeronáutica – Airvoila.com

- **Sistemas de iluminación de Pista y Plataforma:**

Sistemas de iluminación que se encuentran instalados en la zona de la pista activa y plataforma, que cumplen la función de señalización y desplazamiento para la aeronave.



Figura N° 2.4. Sistemas de Ayudas luminosas – Pista de aterrizaje  
Fuente Ing. Raymundo Vilca [https://twitter.com/raymundo\\_vilca](https://twitter.com/raymundo_vilca)

## **2.6 Definiciones de Sistemas de Aeronavegación –**

### **Categorización de Pista**

Cada una de las áreas tiene diferentes características según el diseño de la pista principal y su categorización. La cual se realiza según el grado de visibilidad y la altura de decisión del piloto. Esta se divide de la siguiente manera:

**TABLA III CATEGORIZACION DE PISTA**

CATEGORIA	ALTURA DE DECISION	VISIBILIDAD	RVR
CAT I	>60m	>550 m	>800 m
CAT II	Entre 60 y 30 m	>350 m	
CAT IIIA	Entre 30 y 15 m	>200 m	
CAT IIIB	Entre 15 y 0 m	Entre 200 y 50 m	
CAT IIIC	0m	Sin restricción	

**Nota:** Cuadro sobre la categorización de las pistas de Aterrizaje, en la cual se observa la Altura de decisión y el Alcance Visual de la Vista (RVR)

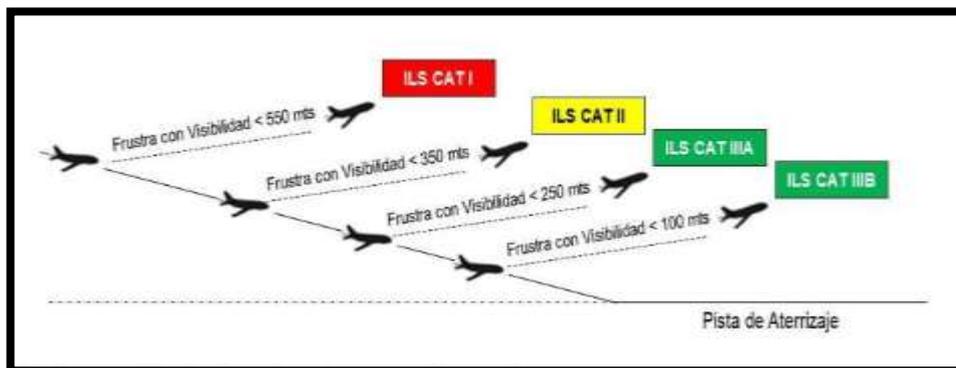


Figura N° 2.5. Categoría de Pista por Visibilidad  
Fuente Organismo Internacional de Aviación Civil - OACI

Según el diseño conceptual del proyecto, se requiere la implementación del sistema de Ayudas Luminosas Categoría CAT I, en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco.

Se debe tomar en cuenta como base del diseño, una Pista Principal con la designación “16”, destinada a operaciones de vuelo por instrumentación de precisión CATEGORIA I y “34” para vuelo con instrumentación de no precisión.

A su vez, se tiene que considerar que, según la categoría de la pista, también se realiza la implementación de los sistemas de Ayudas Luminosas en la pista de activa según el cuadro modelo que se observa a continuación:

LUCES	CARACTERISTICAS			APLICACION				
	TIPO	DIRECCION	COLOR	V	N-P	I	II	III
UMBRAL	FIJA - NV	UNI	VERDE	X1	X1	X	X	X
BARRA DE ALA	FIJA - NV	UNI	VERDE	X1	X1	X	X	X
EXTREMO DE PISTA	FIJA - NV	UNI	ROJO	X1	X1	X	X	X
BORDE PISTA	FIJA - IV	TODO	BLANCO**	X1	X1	X	X	X
EJE DE PISTA	FIJA - IV	TODO	BLANCO**				X	X
ZONA TOMA CONTACTO	FIJA - IV	UNI	BLANCO				X	X
ZONA DE PARADA (SWY)	FIJA - NV	UNI	ROJO					
EJE CALLE RODAJE	FIJA - NV	TODO	VERDE**				X	X
BORDE CALLE RODAJE	FIJA - NV	TODO	AZUL	X1	X1	X		
BARRA DE PARADA	FIJA - IV	UNI	ROJO				X	X
PUNTO ESPERA INTERMEDIO	FIJA - NV	UNI	AMARILLO					X
PROTECCION PISTA	DESTELLO	UNI	AMARILLO					X
IDENTIFICACION UMBRAL	DESTELLO	UNI	BLANCO		X			
GUIA CIRCUITO	FIJA-DEST	TODO	BLANCO	X2	X2	X2	X2	X2
ENTRADA A PISTA	DESTELLO	TODO**	BLANCO	X2	X2	X2	X2	X2
GUIA MANIOBRA EST.	FIJA - NV	TODO	AMARILLO				X	X
POSICION BARRA PARADA EST.	FIJA - NV	UNI	ROJO				X	X
PUNTO ESPERA VIA VEHICULOS	DESTELLO	UNI	ROJO				X	X

NV =INTENSIDAD DE LUZ NO VARIABLE  
 IV =INTENSIDAD DE LUZ VARIABLE  
 UNI =UNIDIRECCIONAL  
 TODO =TADAS DIRECCIONES  
 X1 =SI OPERAN VUELOS NOCTURNOS  
 X2 =NECESARIAS POR GEOGRAFIA

**LUCES**  
**PISTA RODAJE**  
**PLATAFORMA**

Figura N° 2.6. Cuadro de Sistema de Ayudas Luminosas por Categoría  
 Fuente Organismo Internacional de Aviación Civil - OACI

La selección de sistemas de Ayudas Luminosas está fuertemente ligada a los aspectos climatológicos y geográficos de la zona.

## 2.7 Definiciones Técnicas – Equipos Ayudas Luminosas

### Sistemas de Aproximación

- **Sistema de Iluminación de Aproximación**

Los sistemas de iluminación de Aproximación también conocidos como (ALS) por sus siglas en inglés Approach Lighting System, tiene como función principal permitir que el piloto pueda reconocer la dirección y la ubicación exacta de la pista de aterrizaje durante la noche o durante un evento climático, consta de 2 tipos de sistemas:

- **Sistema de Luces de Aproximación**

Los sistemas de iluminación de Aproximación se dividen según el tipo de configuración de vuelo de la pista de aterrizaje:

- Pista de Vuelo visual
- Pista para aproximaciones de no precisión
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I
- Pista para aproximaciones de precisión de Categoría II y Categoría III.



Figura N° 2.7. Imagen Sistema de Aproximación de Precisión CAT II  
Fuente Pagina especializada inglesa en tema Aeronáuticos  
[https://www.aeros.co.uk/?attachment\\_id=4303](https://www.aeros.co.uk/?attachment_id=4303)

Como la Pista Principal proyectada tendrá designación “16”, destinada a operaciones de vuelo por instrumentación de precisión CATEGORIA I y “34” para el vuelo con instrumentación de no precisión. Es por ello que nos enfocaremos describir estos dos tipos de sistema;

- Pista para aproximaciones de no precisión- Cabecera “34”

En la página 5-30 del Anexo 14 – Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos” se expone, que en caso sea posible, se deberá instalar un sistema sencillo de iluminación de aproximación que disponga con cualquiera de las siguientes configuraciones:

- ❖ Sistema de fila de luces hasta una distancia no menor de 420 metros desde el umbral y con una fila de luces en forma transversal de 18 a 30 metros a una distancia de 300 metros del umbral.
- ❖ Sistema de fila de luces en barra con barra transversal de luces con una separación de 1 a 4 metros entre luces.

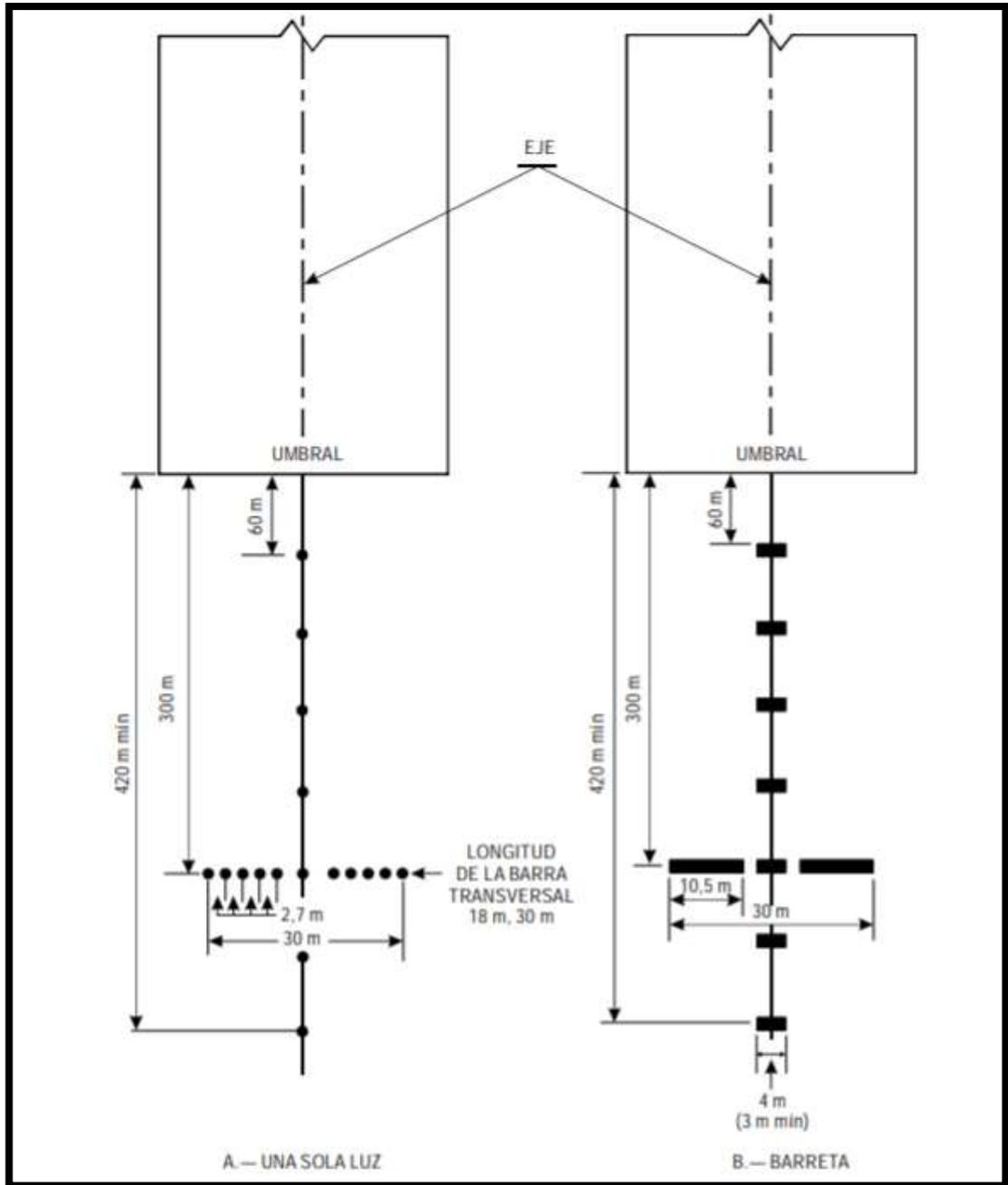


Figura N° 2.8. Sistemas sencillos de Iluminación de Aproximación  
 Fuente: Anexo 14 Volumen I "Diseño y Operación de Aeródromos"  
 Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

➤ Pista para aproximaciones de precisión de Categoría I –  
Cabecera “16”

En este caso, la página 5-32 del Anexo 14 – Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos” describe lo siguiente, en caso sea posible se deberá instalar un sistema de iluminación de aproximación de Categoría I, tal que se disponga de cualquiera de las siguientes configuraciones:

- ❖ Sistema de iluminación de una fila de luces hasta una distancia no menor de 900 metros desde el umbral y con una fila de luces en forma transversal de 30 metros a una distancia de 300 metros del umbral.
- ❖ Sistema de fila de luces en barra con barra transversal de luces con una separación de 1 a 4 metros entre luces.

Cualquier concepto técnico sobre el color de la luz, tipo de equipo de iluminación, cantidad de equipos, sistema de conexión, forma de suministro de energía, diagrama fotométrico, etc. será tratado en el apartado técnico.

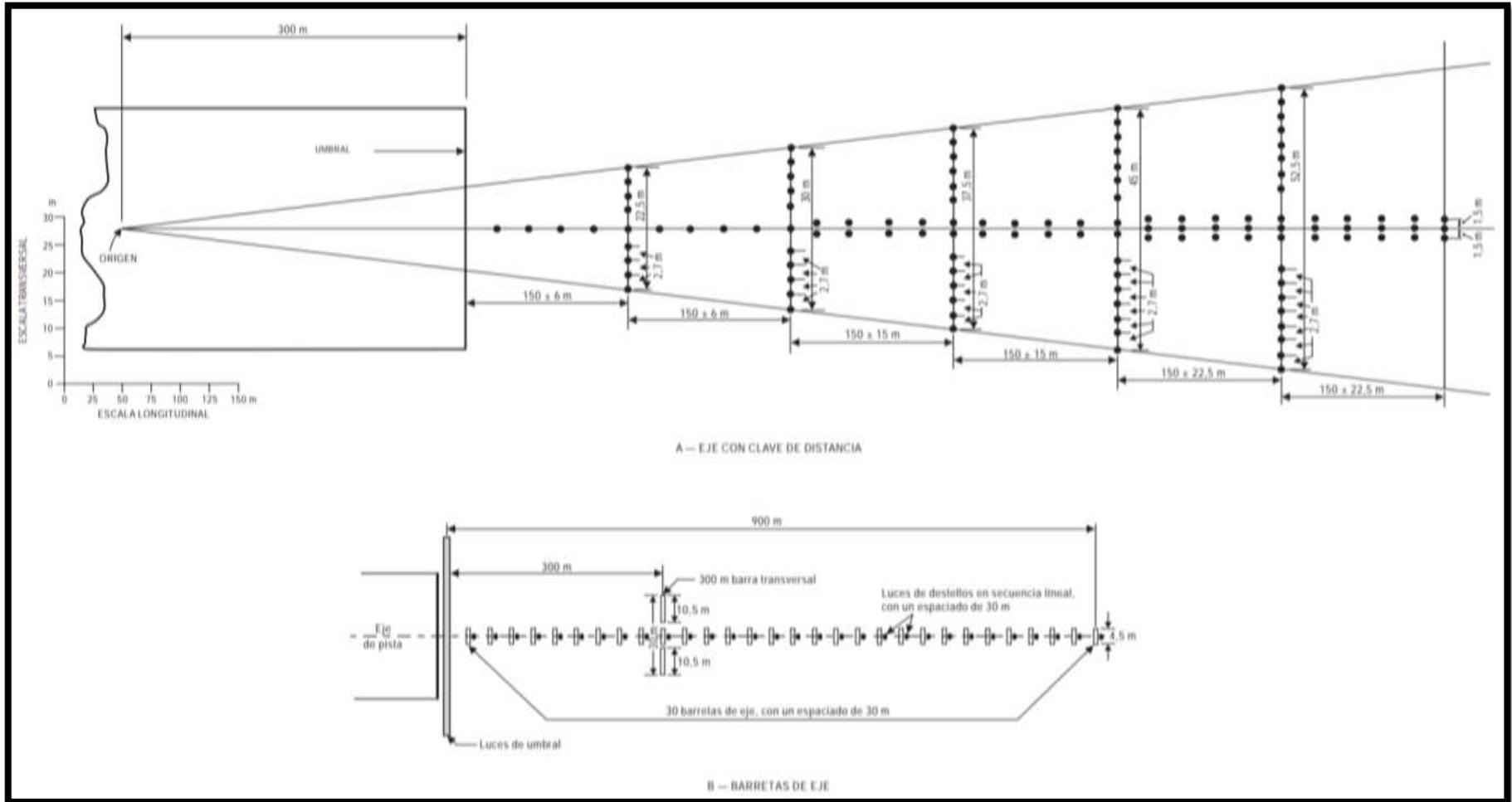


Figura N° 2.9. Sistemas de Iluminación de Aproximación de aproximación CAT I  
 Fuente: Anexo 14 Volumen I "Diseño y Operación de Aeródromos" Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

- **Sistema de Indicador de trayectoria de Aproximación de Precisión (Glidepath)**

Los sistemas indicadores de trayectoria de aproximación, es un sistema de luces que se colocan al costado de la pista de aterrizaje. Consiste en un sistema de luces que brindan señales de posición al avión en referencia a la pista durante el proceso de descenso, estos se dividen según el tipo de tecnología y número de equipos de iluminación:

- **T-VASIS**

Cuenta en su configuración con 20 elementos dispuesto de forma paralela en ambos lados del eje de la pista y con 2 equipos (de 4 luces cada uno) en configuración de barra de ala.

- **AT – VASIS**

Cuenta en su configuración con 10 elementos dispuesto de forma paralela en un lado del eje de la pista y con 1 equipos (de 4 luces cada uno) en configuración de barra de ala.

- **PAPI**

Cuenta en su configuración con 1 equipos (de 4 luces cada uno) en configuración de barra de ala con lámparas múltiples, ubicados al lado izquierdo de la pista.

➤ **APAPI**

Cuenta en su configuración con 1 equipos (de 2 luces cada uno) en configuración de barra de ala con lámparas múltiples, ubicados al lado izquierdo de la pista.

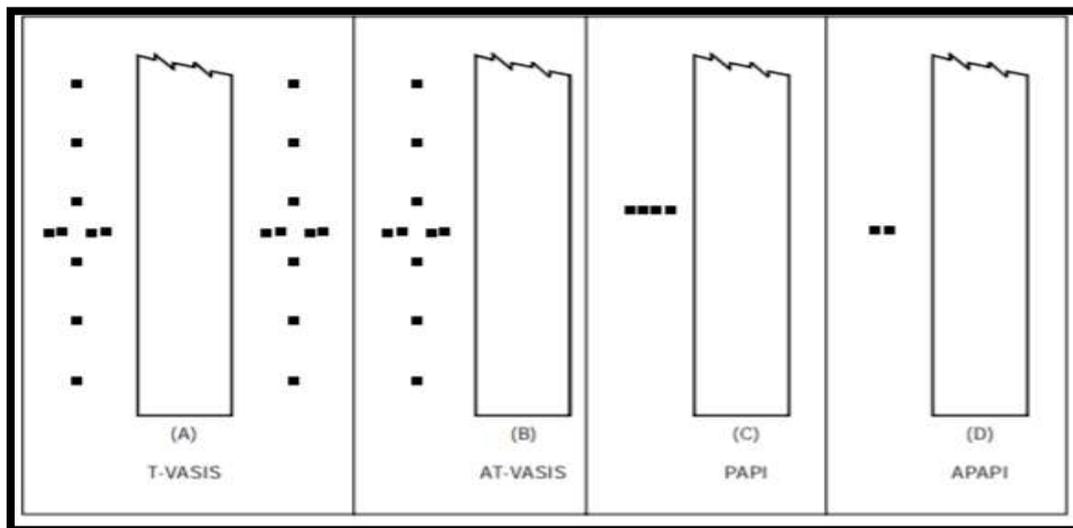


Figura N° 2.10. Sistema de indicadores de trayectoria de Aproximacion  
Fuente: Anexo 14 Volumen I "Diseño y Operación de Aeródromos"  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

Estos sistemas trabajan como señales indicadoras de posición según los ángulos de descenso o elevación de las aeronaves durante el proceso de aterrizaje, cambiando de color según el status de la aeronave como se observa en el siguiente grafico a continuación:

- 4 luces blancas significan "Muy alto"
- 3 luces blancas y 1 luz roja significan "Muy alto"
- 2 luces blancas y 2 luces rojas significan "en posición"
- 4 luces rojas significan "Muy bajo"

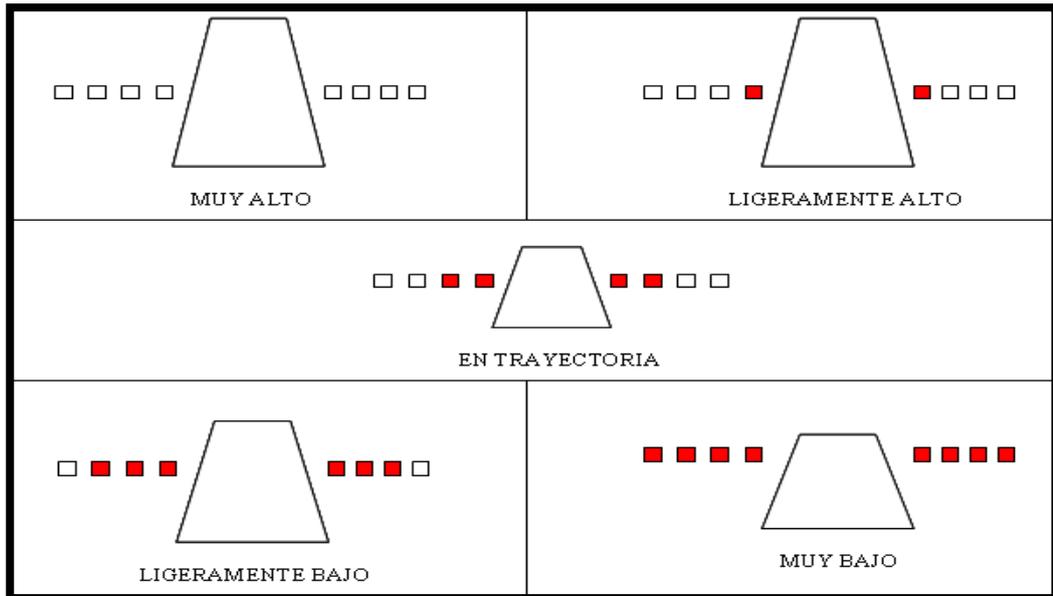


Figura N° 2.11. Explicación del funcionamiento de los sistemas de pendiente  
Fuente: Pagina especializada Nomenclatura Aeronáutica, link: [afly.co/46x2](http://afly.co/46x2)

Con respecto al proyecto utilizaremos un sistema PAPI, por las siguientes razones:

- Reducción de tiempo en el proceso de instalación y mantenimiento.
- Uso de menor área para instalación del sistema
- Mejor señalización para el uso de los colores
- Facilidad de inspección en vuelo para el piloto.

## 2.8 Definiciones Técnicas – Equipos Ayudas Luminosas

### Pista CAT I

En esta sección, se describirá brevemente cada uno de los equipos de Ayudas Luminosas de la pista activa y de las calles de rodaje, haciendo énfasis en los equipos que se utilizaran

para la pista CAT I del proyecto. Es por ello, primero se definirá cuáles son los tipos de equipos que existen:

- Tipos de equipos según su intensidad
  - ❖ Equipo de iluminación fija
    - Se subdividen en 2 tipos:
      - ✓ Luces de intensidad variable
      - ✓ Luces de intensidad fija
  - ❖ Equipos de iluminación tipo destello
- Tipos de equipos según dirección:
  - ❖ Equipos de visibles de todo ángulo
  - ❖ Equipos unidireccionales
  - ❖ Equipos bidireccionales
- Tipos de equipos según su estructura de instalación:
  - ❖ Balizas empotradas
  - ❖ Balizas elevadas

Ahora que ya conocemos cada uno de los tipos de equipos de Ayudas luminosas que existen, se procederá describir aquellos que pertenece al proyecto de pista CAT I, los cuales son:

- Equipos de Ayudas Luminosas – CAT I
  - ❖ Luces de Umbral de pista
    - Las luces de Umbral consisten en una línea de lámparas de color verde, que indican el principio de la pista de aterrizaje, su número dependerá del

tipo de pista y de la necesidad de acentuar la cabecera.

❖ Luces de Extremo de Pista

El sistema de Luces de Extremo de Pista es de color rojo y marca el final disponible de ésta, por lo que no se deberá de pasar de esta línea.

❖ Luces de Borde de pista

Estas luces son de color blanco y como su nombre lo indica, sirven para marcar claramente el área declarada utilizable de la pista en ambos extremos de ésta. Cuando la pista es utilizada para aproximaciones ILS, en los últimos 600 metros de pista o el último tercio de esta (lo que sea menor), las luces serán de color amarillo, a esta zona se le llama Zona de Precaución.

❖ Luces de Borde de Calle de Rodaje

El sistema de luces de Calle de rodaje será luces de color azul y serán visibles por lo menos hasta 30° por encima del horizontal, y desde todos los ángulos de azimut necesarios para proporcionar guía a los pilotos que circulen en cualquiera de los dos sentidos.

Se utilizan entre la puesta y la salida del sol o en cualquier otro momento de oscuridad.



Figura N° 2.12 Pista de Aterrizaje del Aeropuerto de Fiuminico - Italia

## 2.9 Definiciones Técnicas – Sistema Eléctrico

Luego de describir que tipos de equipos de Ayudas Luminosas se van a instalar en el proyecto, se procederá con el detalle del sistema eléctrico que suministrara la energía de forma confiable y estable para garantizar la operatividad del sistema de Ayudas Luminosas.

Es por ello que describiremos lo siguientes elementos:



Figura N° 2.13 Pista de Aterrizaje del Aeropuerto Internacional de Madrid

➤ **Equipos de Eléctricos – CAT I**

❖ **Sala de Reguladores**

Es el área donde se encontrarán ubicados todos los sistemas eléctricos (Seccionador de llegada, transformador, interruptor principal, sistema de respaldo por grupos electrógeno y por sistema de UPS).

❖ **Regulador de Corriente Constante (CCR)**

Son equipos estáticos controlados por Tiristores y microprocesadores de estado sólido. De acuerdo a la capacidad de carga que va suministrar, se procede a realizar la selección del equipo. La corriente de salida de suministro deberá ser de 6.6 amperios y debe contar con 5 escalas de intensidad de brillo.



Figura N° 2.14. Regulador de Corriente Constante  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

#### ❖ Transformadores de Aislamiento

El transformador de aislamiento es utilizado en cada uno de los circuitos de configuración tipo serie del sistema de Ayudas Luminosas. Los devanados primarios de todos los transformadores en un circuito dado, están conectados y suministrados desde un regulador de corriente constante para asegurar de esta forma el aislamiento de las lámparas de bajo voltaje en las balizas de iluminación del aeródromo de los circuitos en serie de alto voltaje y garantizar la continuidad del circuito en serie en caso de falla de una lámpara.

### ❖ **Cableado eléctrico para balizamiento**

En este proyecto se utilizará cable tipo “C” L824-FAA” Apantallado en cumplimiento a las normas establecidas por la OACI.

Comúnmente se utiliza cable de 8 mm<sup>2</sup> en el circuito primario y 6 mm<sup>2</sup> en el circuito secundario.

En esta oportunidad en el desarrollo de este proyecto, nos enfocaremos más en conocer y describir de forma técnica los sistemas de ayudas luminosas en vez de los aspectos eléctricos de la subestación de distribución de la sala de reguladores.

## **2.10 Diseño técnico del proyecto**

Para poder empezar con el diseño del sistema de Ayudas Luminosas debemos conocer, primero cuales son las características técnicas de la pista de aterrizaje del proyecto.

### **Características del nuevo aeropuerto**

El proyecto del nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en Chinchero, cuenta con las siguientes características generales:

- Pista de vuelo 16-34 ILS CAT 1 de 4,000 m x 45 m (Cód. de ref. OACI 4-E)

- Calle de rodaje Alfa paralela de 4,000 m

Según la descripción del proyecto base, se observar que tanto la pista principal como la calle de rodaje Alfa son de 4000 metros, pero no se indica el número calles de rodaje, por lo tanto, en el proyecto se considerara 4 calles de rodajes (Bravo, Charlie, Delta y Eco) para mejorar la fluidez del tránsito aéreo en la plataforma.

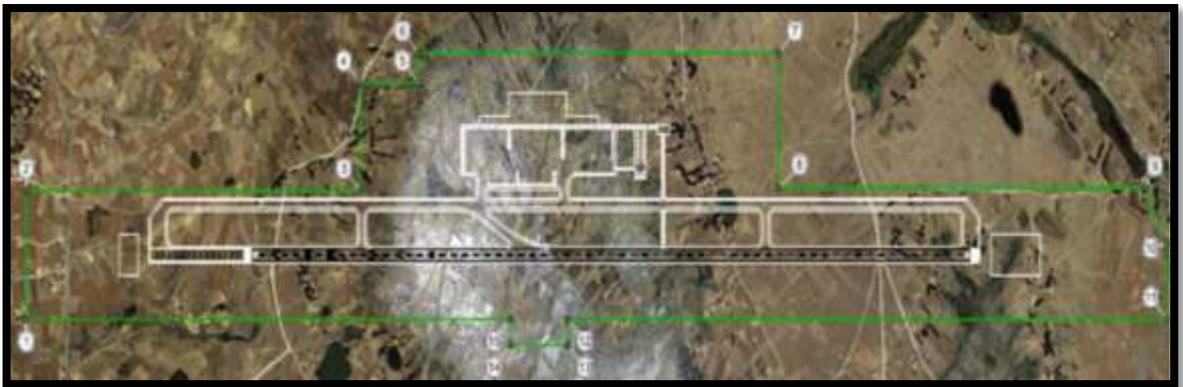


Figura N° 2.15 Plano del Área perimetral del Nuevo Aeropuerto  
Fuente: Agencia de promoción del inversión privada - ProInversión

Se comenzará con el diseño técnico respectivo de cada uno de los sistemas de Ayudas Luminosas, para finalizar con el cálculo de los reguladores de corriente constante requeridos para el proyecto.

➤ **Sistema de iluminación de Aproximación – CAT I**

Según las características del proyecto, se reconoce que en la cabecera “16 “de la pista de aterrizaje, se necesitaría implementar un sistema de aproximación





Figura N° 2.17. Estructuras Tipo Barretas  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

Existen varios distribuidores en el mercador comercial que brindan dichas estructuras en cumplimiento con los estándares y normativas internacionales.

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [5]

A continuación, mostraremos sus características técnicas de cada uno de los equipos:

❖ Características Técnicas

Características Técnicas	
Posiciones	Fijas
Color	Blanco o Claro
Intensidad	Variable

Potencia	
Por cada lámpara (W) Convencional	200

## ❖ Características Fotométricas

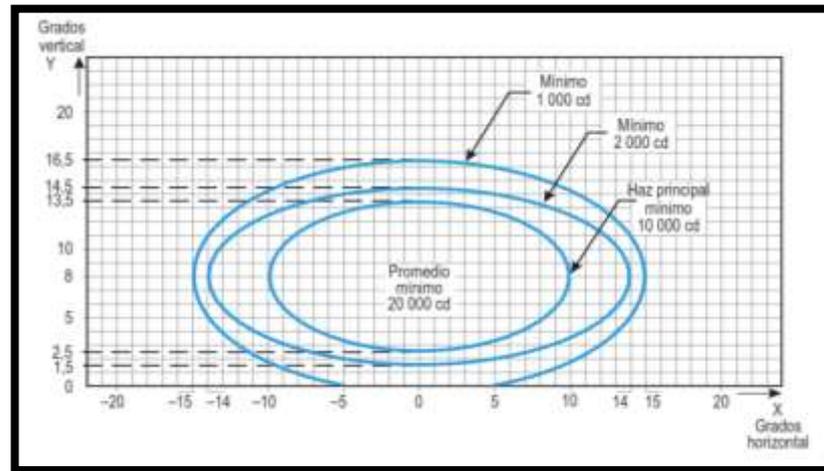


Figura N° 2.18. Características fotométricas en candelas  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI



Figura N° 2.19. Luces de Aproximación  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – Crouse Hind

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa Crouse Hind [6]

#### ❖ Características Eléctricas

Para garantizar la estabilidad y confiabilidad del sistema ante cualquier falla eléctrica, al momento del diseño se debe considerar 2 circuitos para el sistema de Aproximación, cada uno de ellos conectado de forma intercalada y enseriados.

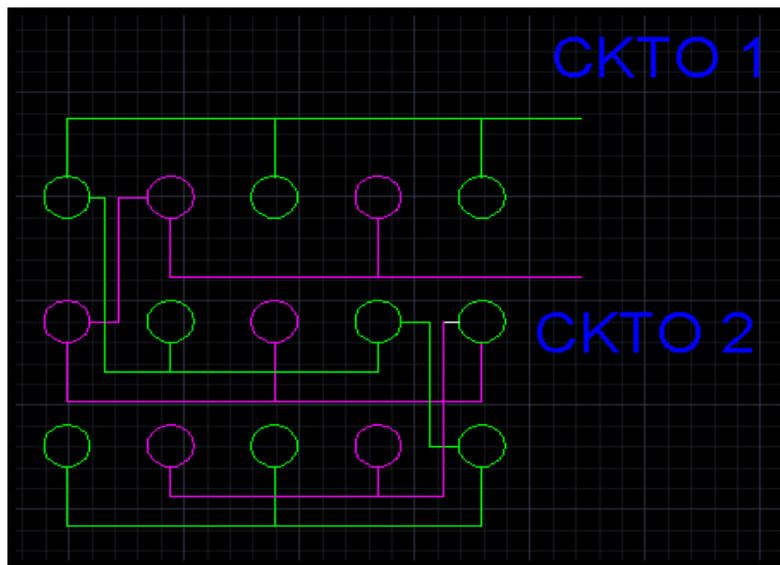


Figura N° 2.20. Diseño en Autocad CKTOS de Aproximación

#### ➤ Sistema de Indicador de trayectoria de Aproximación de Precisión (Glidepath).

Luego de analizar los diferentes sistemas indicadores de trayectoria de Precisión, se ha optado por seleccionar el sistema PAPI, el cual cuenta con la siguiente configuración:

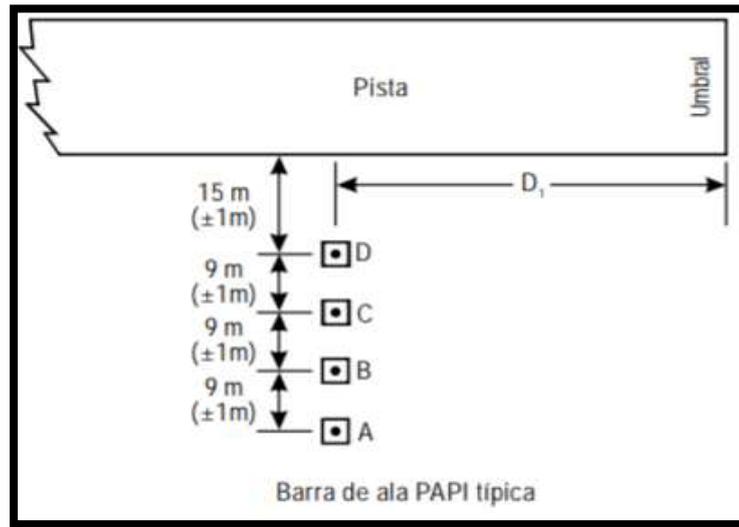


Figura N° 2.21. Consideraciones de Instalación Sistema PAPI  
 Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
 Organización de Aviación Civil Internacional – OACI

Las consideraciones de instalación varían según el sistema de aproximación que se utilice, el proyecto utilizara un sistema ILS, por lo cual la  $D_1$  es igual a la media entre el umbral y el origen real de la trayectoria de planeo ILS o de la trayectoria de planeo mínima.

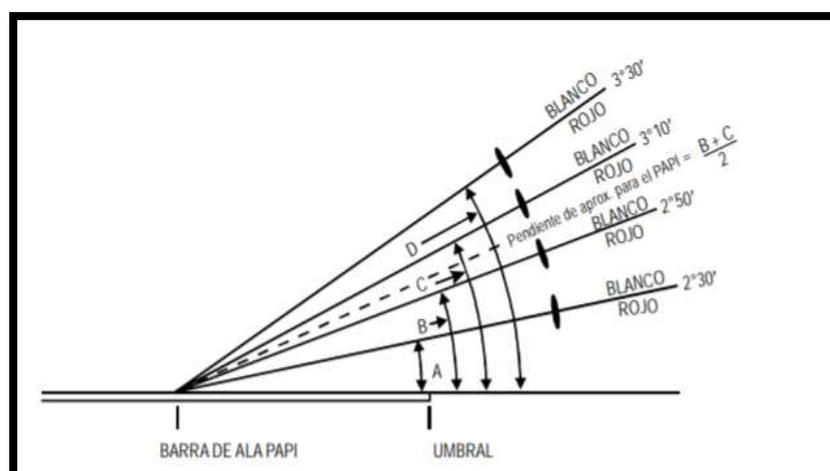


Figura N° 2.22. Ángulos de Reglaje de una trayectoria de planeo PAPI 3°  
 Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
 Organización de Aviación Civil Internacional – OACI

Las diferentes variables serán desarrolladas, durante el estudio de campo, al momento de analizar los datos de aeronavegación y valores mínimos la trayectoria de planeo [7].

El diagrama de conexiones de nuestro sistema PAPI de 2 lámparas es el siguiente:

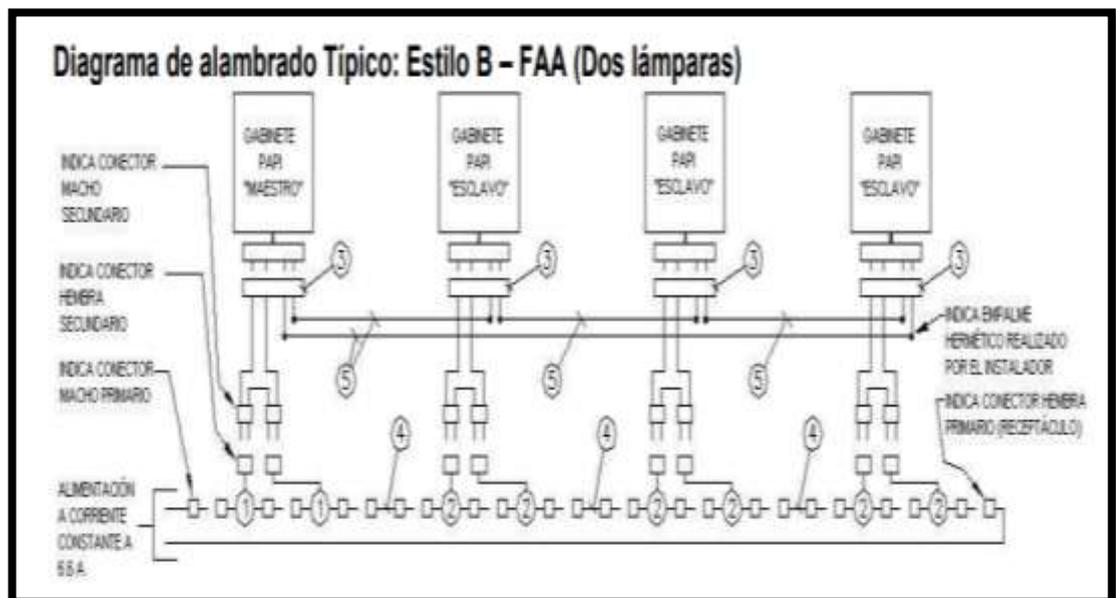


Figura N° 2.23. Diagrama de Instalación y equipos del sistema PAPI  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – Crouse Hind

Como se observar el sistema PAPI cuenta con un equipo principal o “maestro” y 3 equipos secundarios o “esclavos”, además se puede detallar los siguientes elementos:

- ✓ 2 transformadores de Aislamiento por equipo (Para el PAPI principal 300W – PAPI secundario 200 W)

- ✓ 2 lámparas de 200W por equipo
- ✓ La alimentación es de corriente constante de 6.6 Amp.

➤ Sistema de Luces de Borde de Pista

También conocido “Runway Edge Lighting”, son las primeras luces de balizamiento empotradas que se observan en el proyecto.



Figura N° 2.24. Imagen Luces de Borde de Pista  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

❖ Características Técnicas

<b>Características Técnicas</b>	
Posiciones	Fijas
Color	Blanco o Claro
Intensidad	Variable
Dirección	bidireccional

<b>Potencia</b>	
Por cada lámpara (W) Convencional	2x105w a 6.6 Amp

## ❖ Características Fotométricas

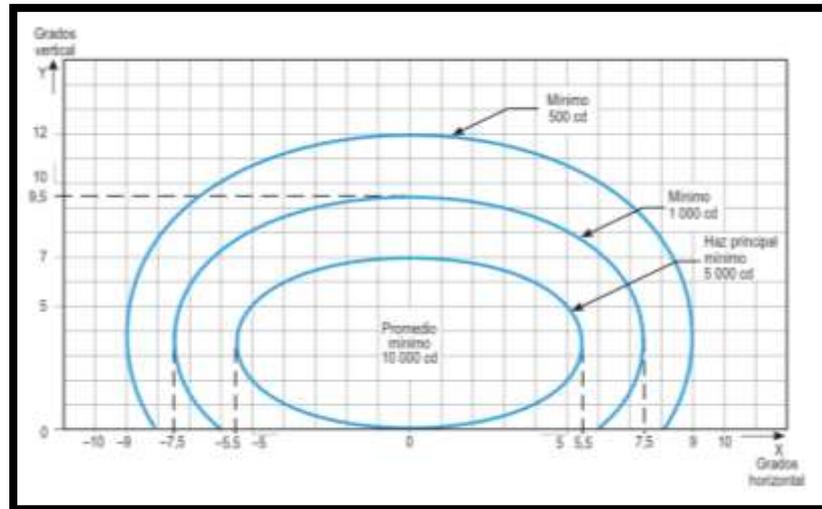


Figura N° 2.25. Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [8]

## ❖ Características Eléctricas

Para calcular el número exacto de equipos a instalar debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones presentadas en el manual de Aeródromo – Anexo 14 OACI en la pág. 5-36 y 5-37;

### ❖ Consideraciones de Instalación:

Estas serán instaladas cada 60 metros

❖ Consideración de Color:

Serán luces fijas, de color blanco y de intensidad variable. En caso extremo de pistas estas serán de color amarillo instaladas a una distancia de 600 metros.

De la misma manera que en el sistema de Aproximación, este sistema contara con 1 CKTOs para cada uno de los Bordes de Pista.

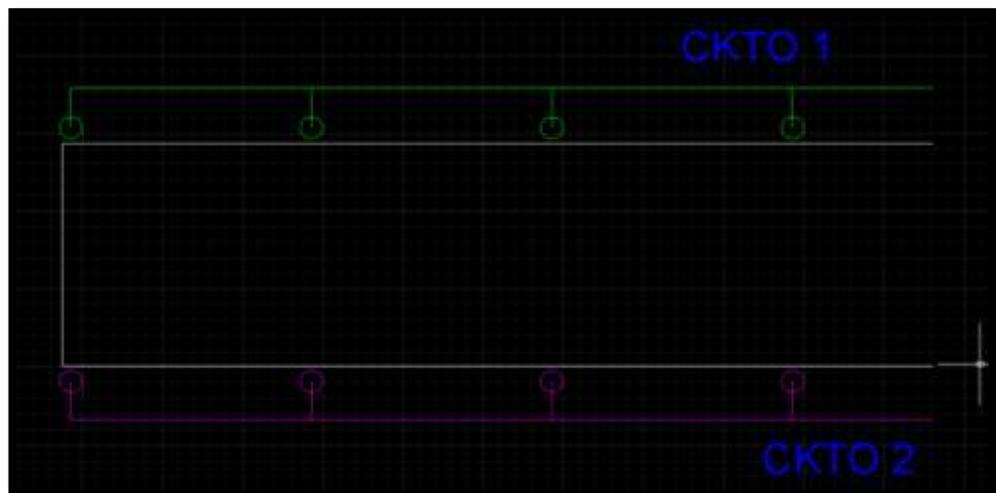


Figura N° 2.26. Diagrama de los Circuitos Luces de Borde Pista

En el caso del proyecto, se debe considerar una pista de 4000 metros. Es por ello que el número de equipos es aproximadamente 66 equipos por lado

Más adelante se presentará el cuadro de cálculo para los transformadores de aislamiento necesarios para el sistema y el cálculo de regulador de corriente constante

➤ Sistema de Luces de Umbral de Pista, Barra de Ala y Extremo de Pista

También conocido “Threshold” para las luces de Umbral de Pista y “Runway End” para las luces de extremos de pista.

Además, cada tipo de balizaje tiene un color característico y un diagrama fotométrico distinto.

Para nuestro proyecto utilizaremos las siguientes luces:

❖ Barra de Ala y Umbral de Pista



Figura N° 2.27. Imagen Luces de Umbral de Pista  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

❖ Características Técnicas

Características Técnicas	
Posiciones	Fijas
Color	Verdes
Intensidad	Variable
Dirección	Unidireccional

Potencia	
Por cada lámpara (W) Convencional	2x105w a 6.6 Amp

## ❖ Características Fotométricas

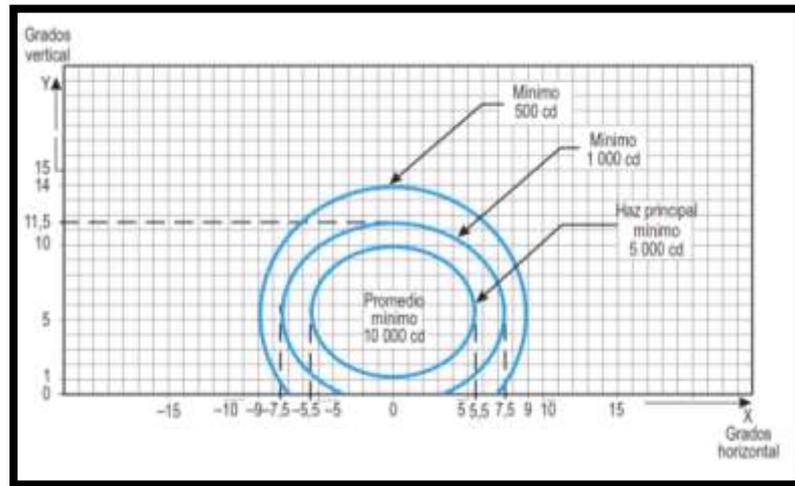


Figura N° 2.28. Diagrama fotométrico Luces de Umbral de Pista  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

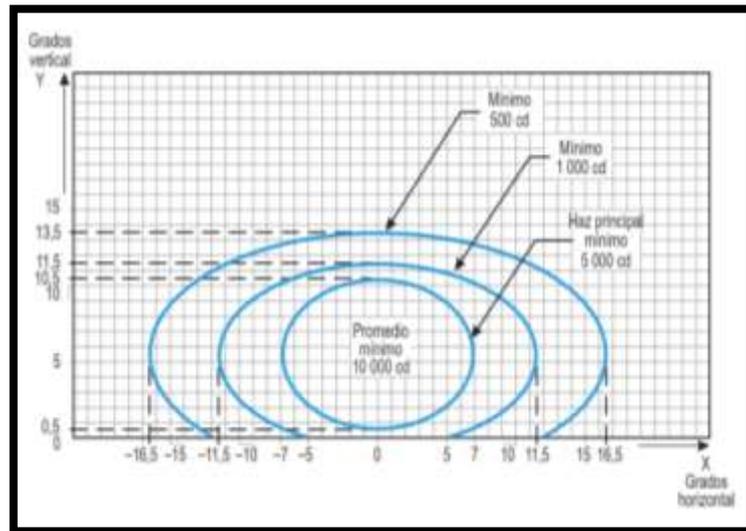


Figura N° 2.29. Diagrama fotométrico Luces de Barra de Ala  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [9]

❖ Luces de Umbral de Pista y Luces de Extremo de Pista

Luces tipo Bidireccionales de color verde/Rojo



Figura N° 2.30. Imagen Luces de Umbral de Pista Bidireccional  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

❖ Características Técnicas

<b>Características Técnicas</b>	
Posiciones	Fijas
Color	2Verdes / 1 Rojas
Intensidad	Variable
Dirección	bidireccional

<b>Potencia</b>	
Por cada lámpara (W) Convencional	3 x105w a 6.6 Amp

## ❖ Características Fotométricas

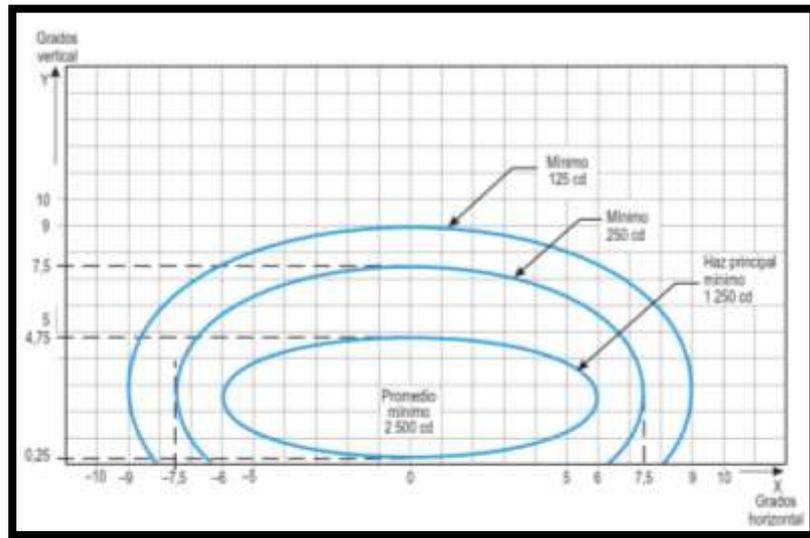


Figura N° 2.31. Diagrama fotométrico Luces de Extremo de Pista (Luz roja)  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

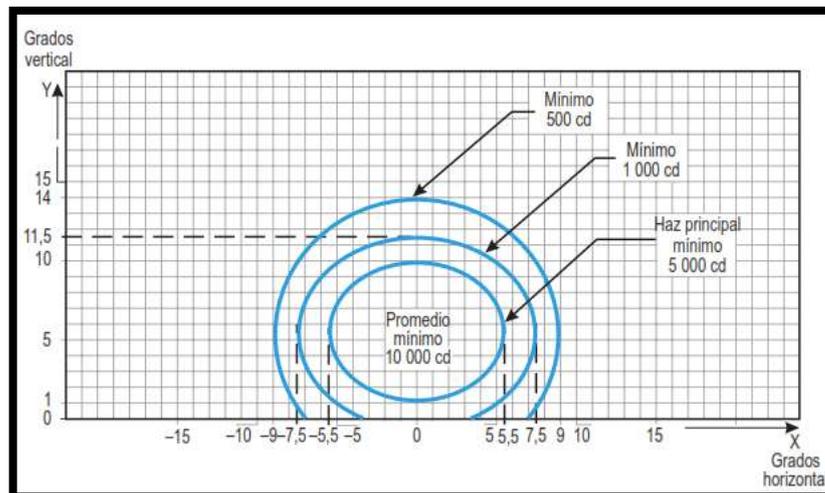


Figura N° 2.32. Diagrama fotométrico Luces de Umbral de Pista  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [10]

#### ❖ Características Eléctricas

Para calcular el número exacto de equipos a instalar debemos tener en cuenta las siguientes consideraciones presentadas en el manual de Aeródromo – Anexo 14 OACI;

#### ❖ Umbral de Pista

##### ✓ Consideraciones de Instalación:

Estas serán instaladas cada 3 metros dentro de las luces de borde de pista

##### ✓ Consideración de Color:

Serán luces fijas, de color verde y de intensidad variable.

##### ✓ Consideraciones Iluminación

Estos equipos serán unidireccionales

#### ❖ Barra de Ala

##### ✓ Consideraciones de Instalación:

Este sistema tendrá como mínimo 5 luces en cada Barra, que se extenderán como mínimo 10 metros hacia la parte exterior de las luces de borde de pista.

##### ✓ Consideración de Color e Iluminación:

Estas consideraciones serán las mismas que las de Luces de Umbral de Pista.

❖ Extremo de Pista

✓ Consideraciones de Instalación:

Este sistema tendrá como mínimo 6 luces, que se extenderán de forma uniforme hacia la parte interior de las luces de borde de pista.

✓ Consideración de Color:

Serán luces fijas, de color rojo y de intensidad variable.

✓ Consideraciones Iluminación

Estos equipos serán unidireccionales

Para cumplir con las normativas y las consideraciones de diseño se utilizará equipos bidireccionales. El diagrama sería el siguiente:

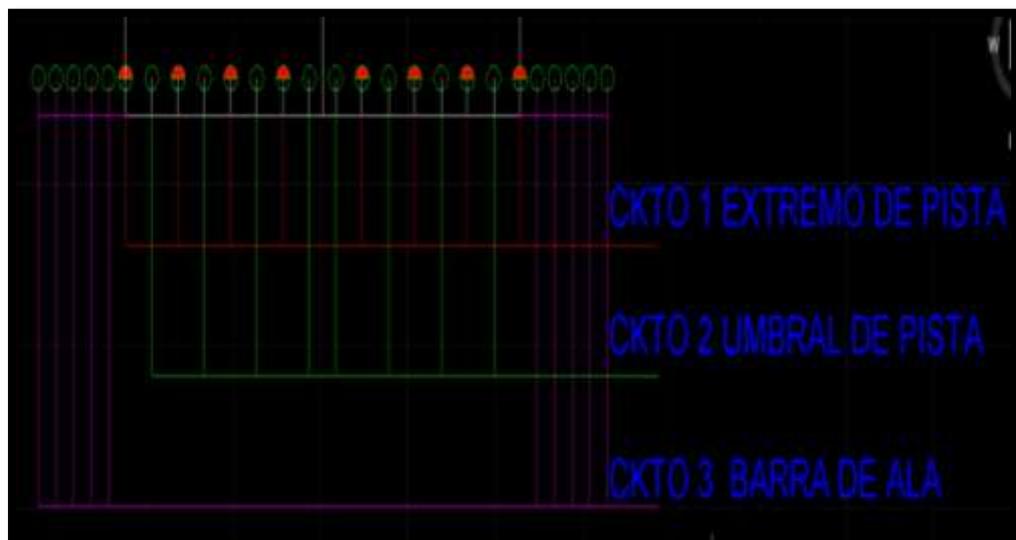


Figura N° 2.33 Diagrama de los Circuitos Umbral /Extremo / Barra de Ala

Luego de los cálculos se obtienen 8 luces de Umbral de Pista, 8 de extremo bidireccional y 10 de Barra de Ala.

➤ **Sistema de Luces de Borde de Calle de Rodaje**

También conocido como “Taxiway Edge Lighting”, estas luces tienen la función de delimitar el borde de las calles de rodaje fuera de la pista activa.



Figura N° 2.34. Imagen Luces de Borde de Calle de Rodaje  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

❖ **Características Técnicas**

<b>Características Técnicas</b>	
Posiciones	Fijas
Color	Color azul
Intensidad	Variable
Dirección	multidireccional

<b>Potencia</b>	
Por cada lámpara (W) Convencional	1x45w a 6.6 Amp

## ❖ Características Fotométricas

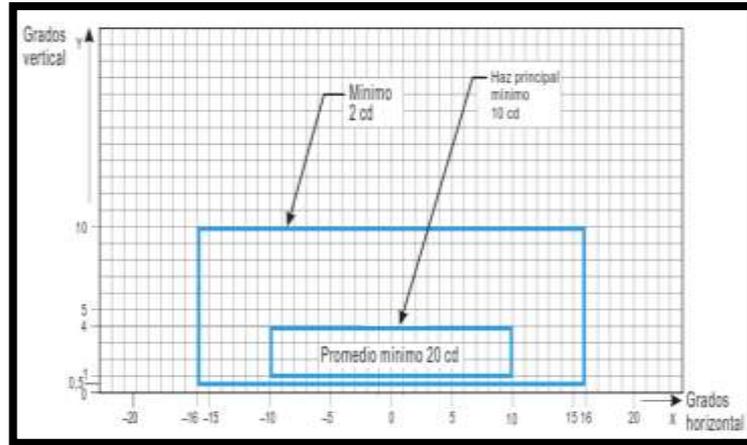


Figura N° 2.35. Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista – Tramo Recto  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

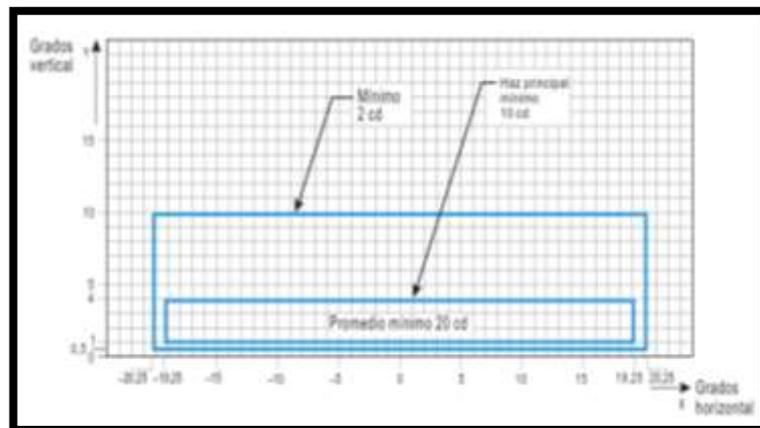


Figura N° 2.36. Diagrama fotométrico Luces de Borde de Pista – Tramo Curvo  
Fuente: Anexo 14 Volumen I “Diseño y Operación de Aeródromos”  
Organización de Aviación Civil Internacional - OACI

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [11]

❖ Características Eléctricas

Para calcular el número exacto de equipos a instalarse, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones presentadas en el manual de Aeródromo – Anexo 14 OACI;

❖ Consideraciones de Instalación:

Estas serán instaladas cada 60 metros

❖ Consideración de Color:

Serán luces fijas, de color azul y de intensidad variable.

Este sistema contará con 1 CKTOs para cada uno de los Bordes de Calle de rodaje

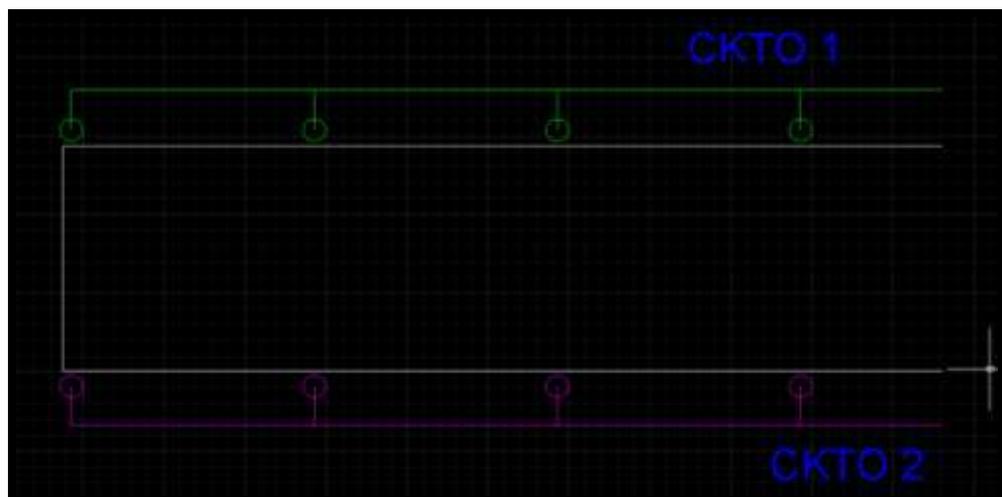


Figura N° 2.37 Diagrama de los Circuitos Luces de Borde de Pista

➤ **Reguladores de corriente constante y Equipos de Potencia**

También conocido como CCR, existen varios tipos dependiendo del tipo de tecnología que se utilice en su fabricación, en nuestro caso utilizaremos un CCT, un equipo basado en tecnología de Tiristores.



Figura N° 2.38. Imagen Regulador de Corriente Constante  
Fuente: Empresa especializada en Airfield Ground Lighting – ADB Safegate

**Características de Equipo usado en el proyecto**

- ❖ Equipo de Intensidad variable = Brillo 5
- ❖ Tensión de servicio 480 V
- ❖ Suministro de 6.6 Amp

Todas las demás características técnicas se podrán observar con mayor detalle en la página de la empresa ADB Safegate [12]

❖ Características Eléctricas - Circuitos

Todo el sistema eléctrico de las Ayudas Luminosas trabaja en un circuito tipo serie, y cuentan con 2 circuitos bien diferenciado circuito primario y circuito secundario cada uno con sus respectivas características y elementos, es por ello que primero se debe entender, por qué el uso de un circuito serie.

**TABLA IV CIRCUITOS SERIE VS CIRCUITOS PARALELOS**

	Ventajas	Desventajas
<b>circuito serie</b>	Principal ventaja corriente constante durante todo el circuito. La sección del conductor se mantiene igual durante todo el circuito. Montaje de un único cable durante todo el circuito.	En caso de algún problema en alguna carga del circuito esta deshabilita el suministro de tensión a las demás. Se requiere de un dispositivo que pueda mantener la corriente constante durante todo el circuito.
<b>circuito paralelo</b>	Mayor protección ante fallas de cualquier elemento, sin fuera de servicio el circuito. El distribución se realiza a baja tensión.	Se requiere la instalación de 2 conductores. La corriente no es la misma durante todo el trayecto del circuito. Se requiere conductores de mayor diámetro para evitar la caída de tensión.

**Nota:** Cuadro de Análisis entre circuito serie y paralelo, en el cual se muestra las ventajas y desventajas de cada uno de ambos sistemas.

Luego de evaluar el uso del circuito serie, en la aplicación de los sistemas de Ayudas luminosas, se deben conocer que elementos lo integran:

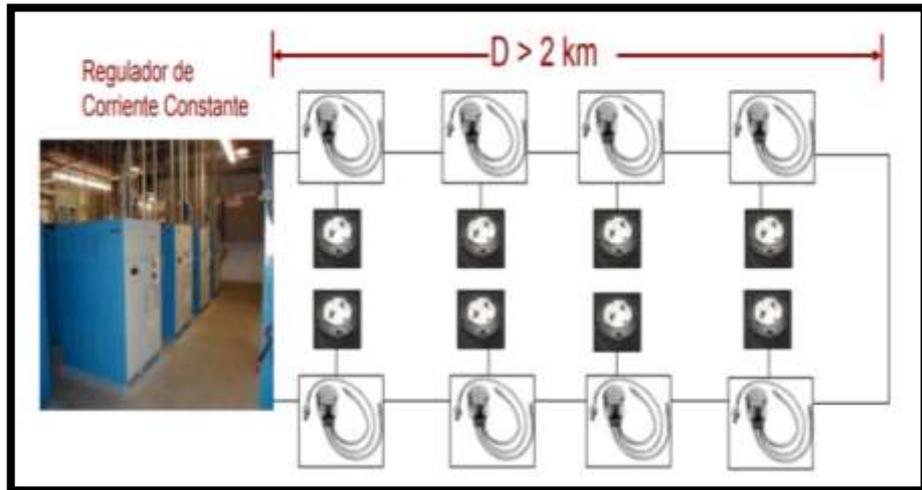


Figura N° 2.39. Imagen Componentes del Circuito Serie  
 Fuente: Taller sobre Ayudas Visuales dictado por la Empresa Crouse Hind

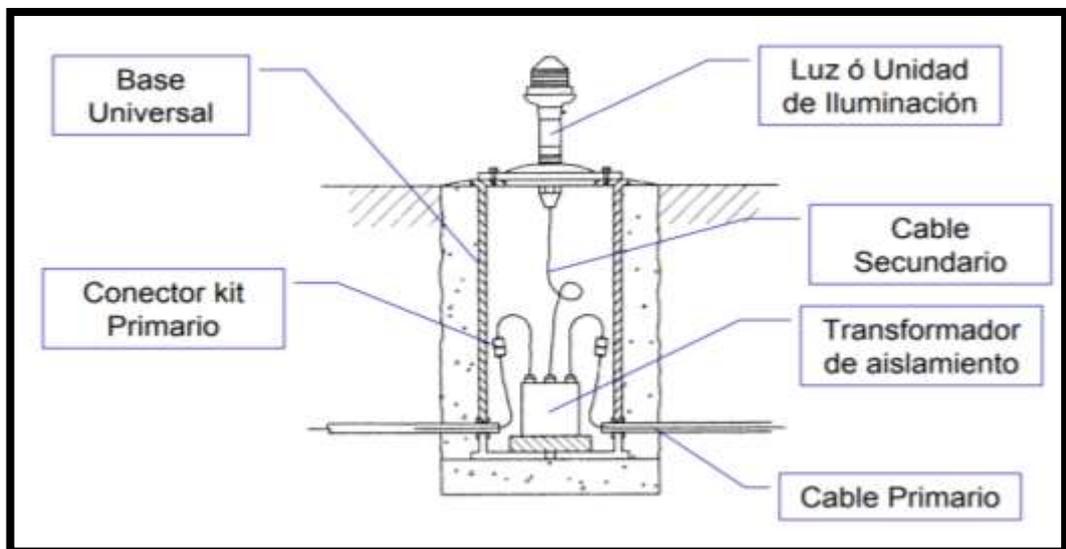


Figura N° 2.40. Imagen del Circuito Secundario  
 Fuente: Taller sobre Ayudas Visuales dictado por la Empresa Crouse Hind

A continuación, se presentará a través de una imagen cual es la estructura del circuito de primario y secundario, para mantener siempre la misma intensidad de corriente en todo el circuito:

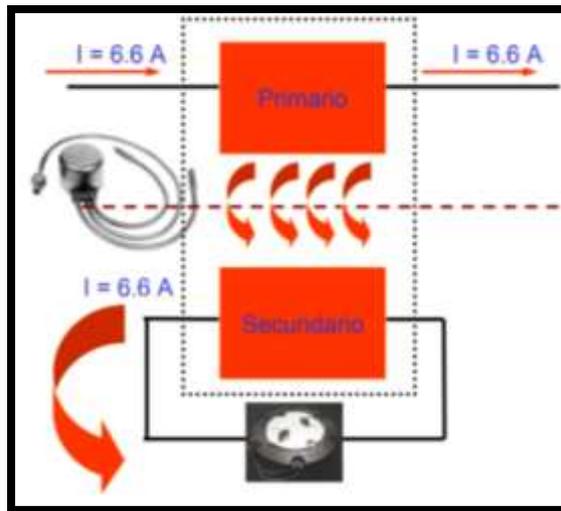


Figura N° 2.41. Imagen del Circuito Secundario  
 Fuente: Taller sobre Ayudas Visuales dictado por la Empresa Crouse Hind

Para calcular el equipo requerido para cada sistema de Ayudas luminosas, se realizará el cálculo matemático respectivo para luego seleccionar el regulador de corriente constante según el catálogo del proveedor. Por tratarse de un tema tan poco estudiado en nuestro país, todas las fórmulas matemáticas utilizadas en los cálculos, han sido validadas por la escuela Superior de Ingenieros de Sevilla, como se observa en la pag.10 de dicho texto [13]

Los cálculos serán presentados a continuación:

**TABLA V CÁLCULOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AYUDAS LUMINOSAS – CABECERA 16**

DENOMINACION	APLICACIÓN	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(w)	Pb (w/Km)	Lb (Km)	Pc (w)	Pc/1.2 (w)	Pt, Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (w)	Potencia total de equipo (w)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 25KVA -92%	Opcion II CCR 30KVA - 92%
AP-01	Sistema de Aproximacion CAT I	Balizas elevadas de las barretas centrales y transversales	85	1	200	324.522	0.0055	201.785	168.154	200	0.9	4	226.6666667	4	143.478	19.84058	24.80072	1.078292319	0.898576932
AP-02		Balizas elevadas de las barretas centrales y transversales	85	1	200	324.522	0.0055	201.785	168.154	200	0.9	4	226.6666667	4	143.478	19.84058	24.80072	1.078292319	0.898576932

DENOMINACION	APLICACIÓN	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(w)	Pb (w/Km)	Lb (Km)	Pc (w)	Pc/1.2 (w)	Pt, Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (w)	Potencia total de equipo (w)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 25KVA -92%	Opcion II CCR 30KVA - 92%
BP-01	Luces de Borde de Pista	Balizas empotradas en el pavimentos	67	2	105	324.522	0.015	214.868	179.057	200	0.9	4	226.6666667	4	143.478	15.76058	19.70072	0.856553188	0.713794324
BP-02		Balizas empotradas en el pavimentos	67	2	105	324.522	0.015	214.868	179.057	200	0.9	4	226.6666667	4	143.478	15.76058	19.70072	0.856553188	0.713794324

DENOMINACION	APLICACIÓN	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(w)	Pb (w/Km)	Lb (Km)	Pc (w)	Pc/1.2 (w)	Pt, Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (w)	Potencia total de equipo (w)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 20KVA -90%	Opcion II CCR 25KVA -92%	Opcion III CCR 30KVA - 92%
BC-01A BC-01BA	Luces de Borde de Calle de Rodaje	Balizas empotradas en el pavimentos	143	1	45	324.522	0.015	49.8678	41.5565	100	0.85	2	120	4.5	143.478	17.80565	22.25706	1.236503542	0.967698424	0.806415353
BC-01B BC-01C BC-01D BC-01BD		Balizas empotradas en el pavimentos	138	1	45	324.522	0.015	49.8678	41.5565	100	0.85	2	120	4	143.478	17.13391	21.41739	1.189855	0.93119087	0.775992391
BC-01E BC-01DE		Balizas empotradas en el pavimentos	83	1	45	324.522	0.015	49.8678	41.5565	100	0.85	2	120	4.5	143.478	10.60565	13.25706	0.736503542	0.576394076	0.480328397

DENOMINACION	APLICACIÓN	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(w)	Pb (w/Km)	Lb (Km)	Pc (w)	Pc/1.2 (w)	Pt, Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (w)	Potencia total de equipo (w)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 4KVA -90%	Opcion II CCR 5KVA -90%	Opcion III CCR 7.5KVA -90%
UB-01	UMBRAL DE PISTA	Balizas empotradas de color verde	8	2	105	324.522	0.0055	211.785	176.487	200	0.9	4	226.6666667	2.3	143.478	2.143333	2.679166	0.744212755	0.595370204	0.396913469

DENOMINACION	APLICACION	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(W)	Pb (w/Km)	Lb(Km)	Pc(W)	Po12 (W)	Pt. Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (W)	Potencia total de equipo (W)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 5KVA -90%	Opcion II CCR 7.5KVA -90%	Opcion III CCR 10KVA -90%
BA-01	BARRA DE ALA	Balizas empotradas de color verde	10	2	105	324.522	0.0055	211.785	176.487	200	0.9	4	226.666667	2.3	143.478	2.596666	3.245833	0.72129613	0.480664066	0.360648065
EXP-01	EXTREMO DE PISTA	Balizas empotradas bidireccionales de color verde y rojo	8	3	105	324.522	0.0055	316.785	263.987	300	0.9	6	340	2.3	143.478	3.049999	3.812499	0.847222056	0.564814704	0.423611028
PAP-01	PAPÍ	Sistema guía de pendiente	4	2	200	324.522	0.0055	401.785	334.821	500	0.9	10	566.666667	2.7	143.478	2.654057	3.317572	0.92547662	0.73723813	0.431432086

**TABLA VI CÁLCULOS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE AYUDAS LUMINOSAS – CABECERA 34:**

DENOMINACION	APLICACION	DESCRIPCION DE LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITOS	B	N	P(W)	Pb (w/Km)	Lb(Km)	Pc(W)	Po12 (W)	Pt. Potencia nominal del transformador	Rendimiento del transformador	Perdidas en el conector (W)	Potencia total de equipo (W)	Distancia cableado primario(Km)	perdidas en el cableado primario(w/Km)	Potencia por Circuito (Kw)	Potencia por Circuito (KVA)	Opcion I CCR 10KVA -90%	Opcion II CCR 15KVA -90%	Opcion III CCR 20KVA -90%
AP-34	Sistema de Aproximacion Simple	Balizas elevadas	27	1	200	324.522	0.0055	201.7849	168.1541	200	0.9	4	226.6667	4	143.478	6.633912	8.36739	0.92971	0.61980667	0.464855
UB-34	UMBRAL DE PISTA	Balizas empotradas de color verde	8	2	105	324.522	0.0055	211.7849	176.4874	200	0.9	4	226.6667	4	143.478	2.387245333	2.984056667	0.82890463	0.6631237	0.44208247
BA-34	BARRA DE ALA	Balizas empotradas de color verde	10	2	105	324.522	0.0055	211.7849	176.4874	200	0.9	4	226.6667	4	143.478	2.640578667	3.550723333	0.78904963	0.52603309	0.39452481
EXP-34	EXTREMO DE PISTA	Balizas empotradas bidireccionales de color verde y rojo	8	3	105	324.522	0.0055	316.7849	263.9874	300	0.9	6	340	4	143.478	3.233812	4.11739	0.91457556	0.6039837	0.45748776



### III. VARIABLES E HIPÓTESIS

#### 3.1 Variables de la investigación

Con respecto a nuestro proyecto, primero debemos identificar de forma clara, cual es la variable independiente de las variables dependientes.

##### **Variables Independientes:**

- La pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto de Chinchero

##### **Variables dependientes:**

Podemos diferenciarlas de la siguiente manera:

**Variable dependiente** – Sistema de Iluminación (Cantidad de equipos, tecnología, etc.)

- Sistema de Ayudas Luminosas – Calle de rodaje
- Sistema de Ayudas luminosas – Aproximación CAT I
- Sistema de Ayudas luminosas – Pista principal

**Variable dependiente** – Operacional

- Tipos de operaciones (diurnas o nocturnas)
- Función (Aeródromos / Aeropuertos)

### **3.2 Operacionalización de variables**

Con respecto a este tema, se deberá llevar a cabo tanto pruebas en tierra como pruebas en tierra / aire (Pruebas de vuelo), las cuales están normadas por el MTC en la RAP 310 Apéndice 1. Lo cual certificará si los sistemas implementados cumplen con lo establecido según el Anexo 14 y la OACI, de esta forma garantizando así todas las operaciones aeroportuarias. Esto se realiza con la presencia de la DGAC.

### **3.3 Hipótesis general e hipótesis específicas**

#### **Hipótesis general**

El diseño y la implementación de todos los sistemas de Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto internacional de Chinchero categoría CAT I cumplen con lo establecido según el Anexo 14 y la OACI, garantizando así todas las operaciones aeroportuarias.

#### **Hipótesis específicas**

El diseño brinda las facilidades para una futura ampliación en caso se necesite operacionalmente subir de categoría a CAT II, pero es indispensable realizar la instalación de nuevos sistemas de ayudas luminosas, tanto en la pista de aterrizaje como en las islas.

## **IV. METODOLOGÍA**

### **4.1 Tipo de investigación**

El presente trabajo es un proyecto de investigación aplicada con un enfoque cualitativo-cuantitativo.

Cualitativo, porque ha sido elaborado en sentido participativo con especialistas inmersos en el problema, considerando la realidad dinámica y cambiante. Cuantitativo porque se priorizó la toma de decisiones del investigador en la solución del problema.

#### **Investigación de Campo**

- El investigador acudirá repetitivamente a fuentes fidedignas de información, datos y métricas con el objetivo visualizar de una forma integral el problema. Por lo tanto, el investigador tendrá una modalidad de campo al recolectar los datos en los siguientes aspectos: estatus actual del proyecto del nuevo aeropuerto de Chinchero en especial de la pista de aterrizaje parte primordial de este proyecto de investigación, beneficios de los usuarios del nuevo sistema de ayudas luminosas y mejoramiento de la operatividad. partir de la propuesta.

## **Investigación Documental Bibliográfica**

- La investigación tendrá una modalidad bibliográfica para argumentar eficientemente el contenido teórico, a través de las diferentes fuentes primarias: repositorios digitales, libros, revistas, publicaciones, internet y otros documentos confiables que permitieron sustentar científicamente las variables.

La investigación será también de modo documental, porque tendrá como propósito conocer, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques teóricos.

### **4.2 Diseño de la investigación**

En el proyecto de investigación aplicaremos un Diseño con pos-prueba únicamente y grupo de control.

Este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable dependiente alcanza sólo dos niveles: **presencia y ausencia**. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente en estudio.

En este diseño, la única diferencia entre los grupos debe ser la presencia-ausencia de la variable dependiente. Inicialmente son equivalentes la variable independiente y para asegurarse de que durante el experimento continúen siéndolo (salvo por la presencia o ausencia de dicha manipulación) el experimentador debe observar que no ocurra algo que sólo afecte a un grupo.

Tomando en cuenta que la variable independiente es la pista de aterrizaje, y que se evaluará los efectos de la presencia y ausencia de los sistemas de ayudas luminosas, y como estos influyen como variables dependientes.

#### **4.3 Población y muestra**

Como la investigación del proyecto se desarrolla dentro de una perspectiva teórica, detallaremos las características del proyecto de investigación y sus delimitantes.

##### **Características del proyecto de investigación**

- La pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en Chincheros, se encuentra situado en los distritos de Chinchero y Huayllabamba, provincia de Urubamba, Departamento de Cusco, ubicado unos 29 kilómetros de la capital del Departamento.

- Pista de vuelo 16-34 ILS CAT 1 de 4,000 m x 45 m (Cód. de ref. OACI 4-E)
- Calle de rodaje paralela de 4,000 m

### **Delimitaciones del proyecto de investigación**

#### **Delimitación de Contenido**

- Línea de investigación: Sistema de Aeronavegación
- Sublíneas de investigación: Sistema de Ayudas Luminosas
- Área académica: Física y Electricidad – Ingeniería Eléctrica

#### **Delimitación Espacial**

- El proyecto de investigación se realiza en el Nuevo Aeropuerto Internacional del Cusco en el distrito de Chincheros, provincia de Urubamba.

#### **Delimitación Temporal**

- La presente investigación se llevará a cabo a partir de la aprobación por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

#### **4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

En la recolección de información se utilizará procedimientos; enfatizados en instrumentos y herramientas para el registro de datos como: documentos, informes y observaciones.

Al identificar el problema operacional, se decidió realizar el proyecto de implementación de los sistema de Ayudas Luminosas y sustentar con ello, la operatividad de este nuevo Aeropuerto Internacional. Se empleó tecnología moderna de iluminación para sistemas de ayudas luminosas.

Posteriormente para el diseño e implementación de los sistemas de Ayudas luminosas, se realizó prototipos y pruebas de depuración de errores para evitar los gastos innecesarios, riesgos y averías técnicas.

#### **4.5 Procesamiento estadístico y análisis de datos**

El plan de análisis de la información se trabajó siguiendo la secuencia:

- Utilizando técnicas de investigación y la observación
- Revisión de información recolectada
- Repetición de la recolección de la información en ciertos casos

- Procesamiento de la información
- Análisis y estudio estadístico de datos para presentación de resultados
- Depuración y optimización de datos e información
- Presentación de resultados

## V. RESULTADOS

### 5.1 Presentación de los resultados

Luego de la evaluación del diseño podemos exponer que nuestro diseño cumple con todas las expectativas requeridas para que la pista del Nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero.

- Pista de vuelo 16-34 ILS CAT 1 de 4,000 m x 45 m (Cód. de ref. OACI 4-E)

Partes del diseño del Sistema de Iluminación – Ayudas Luminosas

- Sistema de Ayudas Luminosas – Calle de rodaje
- Sistema de Ayudas luminosas – Aproximación CAT I
- Sistema de Ayudas luminosas – Pista principal

Implementación de todos equipos de iluminación y accesorios de acuerdo a los estándares normativos internacional presentado en la Organismo de Aviación Civil Internacional - OACI.

## **VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **6.1 Contrastación de la hipótesis con los resultados**

Con respecto a la hipótesis general planteada: “El diseño y la implementación de todos los sistemas de Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto internacional de Chinchero categoría CAT I cumplen con lo establecido según el Volumen I “ Diseño y Operación de Aeródromos”- Anexo 14 y la Organización Internacional de Aviación Civil - OACI, garantizando así todas las operaciones aeroportuarias”.

Debemos considerar que, para realizar una prueba real de este diseño, primero deberíamos contar físicamente con la pista de aterrizaje.

Además, la prueba real del diseño es ejecutada por el ente regulador Nacional DGAC con colaboración de CORPAC (Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial) a través del alquiler de una aeronave según las especificaciones normadas por el MTC, a través de la RAP 310 Apéndice 1. En el proceso de estudio se pudo constatar que el alquiler de esta aeronave esta alrededor de los 30,000 dólares y se realiza según contrato.

## VII. CONCLUSIONES

- Podemos exponer que, con el afán de cumplir todas las normativas internacionales de la Organización Internacional de Aviación Civil - OACI, hemos podido realizar el desarrollo del proyecto dentro de una perspectiva teórica, dando como resultado final un sistema operativo y funcional.
- Con respecto al proyecto realizado, podemos exponer que este se encuentra habilitado para futuras ampliaciones de categoría según los requerimientos de la autoridad reguladora DGAC.
- Existe la necesidad urgente que más profesionales peruanos de la carrera de ingeniería eléctrica puedan interesarse en esta nueva área de investigación.
- Podemos determinar que es urgente que se realice una actualización de los sistemas de Ayudas Luminosas en los diferentes Aeropuertos del Perú, para poder estar a la altura del crecimiento del tráfico aéreo de los próximos 20 años.

## VIII. RECOMENDACIONES

- Es importante que el profesional electricista que realice la implementación de los sistemas de Ayudas Luminosas en dicho proyecto, al menos tenga conocimiento de los estándares y normativas proclamadas por la OACI y en el mejor de los casos haya llevado algún curso de especialización en los sistemas de Ayudas Luminosas en alguna institución Internacional.
- En caso sea posible económicamente y técnicamente, se deberá implementar un sistema de transferencia automática entre los bancos de RCC para garantizar la funcionalidad de las Ayudas luminosas, ante cualquier falla del sistema.
- Se deberá realizar la migración a tecnológica LED en un futuro próximo, cuando la normativa de la OACI, especifique parámetros reales para su funcionamiento.
- Es indispensable que durante todo el proceso de Diseño e Instalación de los equipos de Ayudas Luminosas se pueda contar con el apoyo de un profesional de la rama de topografía para garantizar la ubicación y dirección de cada uno de los equipos.

## **IX. APORTES PERSONALES**

Con respecto a los aportes personales relacionados a la ejecución de este proyecto podemos exponer lo siguiente:

- Mi principal aporte es dar a conocer a toda la comunidad profesional de la carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Nacional del Callao, este nuevo campo de laboral y de investigación.

Actualmente son escasos los profesionales ingenieros electricistas peruanos que tienen conocimiento de esta área, y el mercado laboral recientemente está incrementando la solicitud de estos profesionales, por los distintos macro proyectos que se presentan en los años venideros, y al no encontrarlos optan por contratar profesionales extranjeros.

- Fomentar la investigación de los sistemas eléctricos en la aeronavegación, como fuente de futuras tesis para los jóvenes profesionales que se encuentran cursando la carrera de ingeniería eléctrica en nuestra prestigiosa alma mater.

## X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Organización de la Aviación Civil Internacional - OACI. Anexo 14 Aeródromo Volumen I: “Diseño y Operación de Aeródromos”. Séptima edición. Montreal: OACI, 2016.

[2] Organización de la Aviación Civil Internacional - OACI. Manual de diseño de Aeródromos Parte 5: “Sistemas Eléctricos”. Segunda Edición. Montreal: OACI, 2017.

[3] Organización de la Aviación Civil Internacional - OACI. Manual de diseño de Aeródromos Parte 4: “Ayudas Visuales”. Cuarta Edición. Montreal: OACI, 2004.

[4] Dirección General De Aeronáutica Civil Del Perú – DGAC (2017, NOV). Regulación Aeronáutica del Perú – RAP 314

[Online]Enlace:

[http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3993.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3993.pdf)

[5] ADB Air Solutions. Approach Lighting Mast [Online] Enlace:

<https://adbsafegate.com/documents/1915/en/data-sheet-exel-approach-lighting-masts>

[6] Catalog No A5312, Airport Lighting, COOPER CROUSE HINDS, Houston, TX.

[7] S. Barbosa, "P.A.P.I – Precision Approach Path Indicator ", Electromundo, vol.61, pp 87-100, Enero 2011.

[8] ADB Safegate. Runway Lighting [Online].Enlace:

<https://adbsafegate.com/documents/1898/en/data-sheet-fed>

[9] ADB Air Solutions. Threshold/Runway End (DOCA03601EV2)[Online]Enlace:

<https://adbsafegate.com/documents/2643/en/data-sheet-il-860d-thr-rwe>

[10] ADB Safegate. Bidirectional Runway End and Threshold (PRD-0068)[Online]Enlace:

<https://adbsafegate.com/documents/1898/en/data-sheet-fed>

[11] ADB Safegate. Taxiway lighting (2042Rev.O) [Online]

Enlace:<https://adbsafegate.com/documents/2018/en/data-sheet-l-852t-itel>

[12] ADB Safegate. Power Equipment, Manual No. 96A0505, DS-2052-v1.0 [Online] Enlace:

<https://adbsafegate.com/documents/2896/en/data-sheet-cct>

[13] Universidad de Sevilla – Escuela Superior de Ingenieros (2009, Setiembre). Remodelación del Sistema Eléctrico del Aeropuerto de Sevilla, [Online] Enlace:

[http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60044/fichero/7.2.+Anejo 2.CÁLCULOS+DE+BALIZAMIENTO.pdf](http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/60044/fichero/7.2.+Anejo%202.CÁLCULOS+DE+BALIZAMIENTO.pdf)

## **ANEXOS**

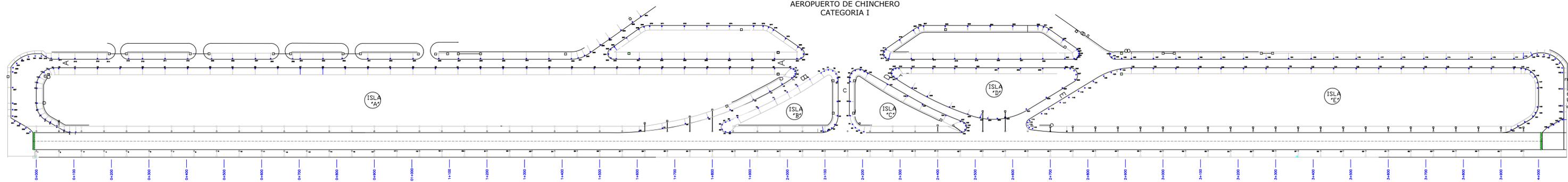
- **ANEXO I: Diagrama en AutoCAD del diseño conceptual**
- **ANEXO II: Guiar del usuario para la Autorización de Construcción de Aeropuertos**
- **Anexo III: Matriz de consistencia**

**ANEXO I**

**DIAGRAMA EN AUTOCAD DEL DISEÑO**

**CONCEPTUAL**

DIAGRAMA  
DEL SISTEMAS AYUDAS LUMINOSAS  
AEROPUERTO DE CHINCHERO  
CATEGORIA I



**ANEXO II:**

**GUIAR DEL USUARIO PARA LA  
AUTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN  
DE AEROPUERTOS**

# ÍNDICE

**Pág.**

<b>DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>2</b>
<b>AUTORIZACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS PÚBLICOS O PRIVADOS .....</b>	<b>3</b>
1. PROPÓSITO .....	3
2. NORMAS DE REFERENCIA.....	3
3. MATERIAL DE LECTURA DE REFERENCIA.....	3
4. DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y LEGAL .....	3
5. ETAPAS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE AUTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS ...	4
6. PRESENTACIÓN A LA DGASA DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN AMBIENTAL (ETAPA I) .....	4
7. PRESENTACIÓN A LA DGAC DE DOCUMENTACIÓN INDICADA EN EL TUPA (ETAPA II) .....	6
8. OPINIÓN FINAL DE LA DGAC (ETAPA III) .....	9

# GUÍA DEL USUARIO PARA AUTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS PÚBLICOS O PRIVADOS

---

**Asunto:** PROCEDIMIENTO TUPA DE AUTORIZACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS PÚBLICOS O PRIVADOS

**Fecha:** 26/07/2011

## DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A continuación se definen los términos para el Proceso de Autorización empleados en esta Guía:

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

**Aeródromos públicos:** Son aeródromos públicos los que están destinados al uso público.

**Aeródromos privados:** Son aeródromos que **no** están destinados al uso público.

**Aeronaves:** Aparatos o mecanismos que pueden circular en el espacio aéreo utilizando las reacciones del aire y que sean aptos para el transporte de personas u objetos.

**Aeropuerto:** Aeródromo de uso público que cuenta con edificaciones, instalaciones, equipos y servicios destinados de forma habitual a la llegada, salida y movimiento de aeronaves, pasajeros y carga en su superficie.

**DGAC:** Dirección General de Aeronáutica Civil.

**DGASA:** Dirección General de Asuntos Socio Ambientales.

**EIA:** Estudio de Impacto Ambiental.

**Helipuerto:** Aeródromo o área definida sobre una estructura destinada a ser utilizada, total o parcialmente, para la llegada, la salida o el movimiento de superficie de los helicópteros.

**Helipuerto elevado:** Helipuerto emplazado sobre una estructura terrestre elevada

**Helipuerto de superficie:** Helipuerto emplazado en tierra o en el agua.

**OACI:** Organización de Aviación Civil Internacional.

**RAP:** Regulaciones Aeronáuticas del Perú.

**TUPA:** Texto Único de Procedimientos Administrativos.

**U.I.T.:** Unidad Impositiva Tributaria.

# **AUTORIZACIÓN PARA CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS PÚBLICOS O PRIVADOS**

## **1. PROPÓSITO**

La presente Guía del Usuario describe con mayor detalle el proceso para la obtención de una autorización de construcción o modificación de aeropuertos y/o aeródromos públicos o privados en virtud del procedimiento TUPA N° 41 de la DGAC.

## **2. NORMAS DE REFERENCIA**

- Ley de Aeronáutica Civil N° 27261 y su Reglamento;
- Ley de Procedimientos Administrativos N° 27444;
- Regulaciones Aeronáuticas del Perú (RAP) Partes 1 , 314 y 139;
- Normas y Métodos Recomendados de la OACI: Anexo 14 y sus respectivos manuales.
- Ley N° 27444 – Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento.

## **3. MATERIAL DE LECTURA DE REFERENCIAS TÉCNICAS**

- Manual de la FAA: Advisory Circular AC N° 150/5320-6E Airport Pavement Design and Evaluation.
- Manual de la FAA: Advisory Circular AC N° 150/5390-2B Heliport Design.

## **4. DE LA DOCUMENTACIÓN TÉCNICA Y LEGAL**

La documentación técnica legal requerida y exigida en el procedimiento TUPA antes mencionado es la siguiente:

<b>Documento exigido</b>	<b>Clasificación del documento</b>	<b>Revisor del documento</b>
Copia simple del título que acredite la propiedad o legítima posesión de los terrenos según corresponda.	Documentación administrativa legal	Asesoría Legal – DGAC
Copia de la carta poder del representante, de ser el caso.		
Pago por derecho de tramitación.		
Estudio de Ingeniería.	Expediente Técnico	DGAC
Estudio de Impacto Ambiental.		DGASA

Según el Artículo 44º del Reglamento de la Ley de Aeronáutica Civil del Perú, el interesado debe presentar un Expediente Técnico que incluya un Estudio de Impacto Ambiental, con lo cual se inicia el proceso para la obtención de una autorización de construcción o modificación de aeropuertos y/o aeródromos.

## 5. ETAPAS DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE AUTORIZACIÓN DE CONSTRUCCIÓN O MODIFICACIÓN DE AEROPUERTOS Y/O AERÓDROMOS

A continuación se grafica las etapas a seguir:



## 6. PRESENTACIÓN A LA DGASA DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA OBTENCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN AMBIENTAL (ETAPA I)

De acuerdo con el Reglamento de la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental – SEIA N° 27446, los pasos que seguirá DGASA para la certificación ambiental del proyecto se encuentran descritos en los artículos: 36°, 41° y 51° del Decreto Supremo 019-2009-MINAM de fecha 24.10.2009 y son como sigue:

### **Artículo 36°.- Clasificación de los proyectos de inversión**

*Los proyectos públicos o privados que están sujetos al SEIA, deben ser clasificados por las Autoridades Competentes, de acuerdo a lo señalado en el artículo 8° de la Ley, en una de las siguientes categorías:*

**Categoría I** – *Declaración de Impacto Ambiental (DIA): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos leves.*

**Categoría II** – *Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-sd): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos moderados.*

**Categoría III** – *Estudio de Impacto Ambiental Detallado (EIA-d): Estudio ambiental mediante el cual se evalúan los proyectos de inversión respecto de los cuales se prevé la generación de impactos ambientales negativos significativos.*

*Toda mención al término Estudio de Impacto Ambiental - “EIA”, en el presente Reglamento entiéndase referida al EIA-sd y al EIA-d.*

Según el mismo Decreto Supremo, los requisitos que debe presentar el interesado a DGSA para obtener la Certificación Ambiental, son los siguientes:

### **Artículo 41°.- Solicitud de Clasificación**

*El titular debe presentar la solicitud de clasificación de su proyecto ante la Autoridad Competente y debe contener, además de los requisitos previstos en el artículo 113° de la Ley N° 27444, como mínimo lo siguiente:*

**41.1** Ejemplares impresos y en formato electrónico de la Evaluación Preliminar, en número que la Autoridad Competente determine, la cual debe contener como mínimo:

- a) Datos generales del titular y de la entidad autorizada para la elaboración de la Evaluación Preliminar
- b) Descripción del proyecto.
- c) Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico.
- d) Plan de Participación Ciudadana.
- e) Descripción de los posibles impactos ambientales.
- f) Medidas de prevención, mitigación o corrección de los impactos ambientales.
- g) Plan de Seguimiento y Control.
- h) Plan de Cierre o Abandono.
- i) Cronograma de ejecución.
- j) Presupuesto de implementación.

**41.2** Recibo de pago por derecho de trámite, de acuerdo al Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de la Autoridad Competente, según corresponda.

**41.3** Otros que determine la Autoridad Competente en relación a la naturaleza del proyecto u otro aspecto de relevancia.

Para la Categoría I el documento de la Evaluación Preliminar constituye la DIA a que se refiere el artículo 36°, la cual de ser el caso, será aprobada por la Autoridad Competente, emitiéndose la certificación ambiental. Para las Categorías II y III, el titular deberá presentar una propuesta de términos de referencia para el estudio de impacto ambiental correspondiente, para su aprobación.

#### **Artículo 51°.- Presentación del EIA**

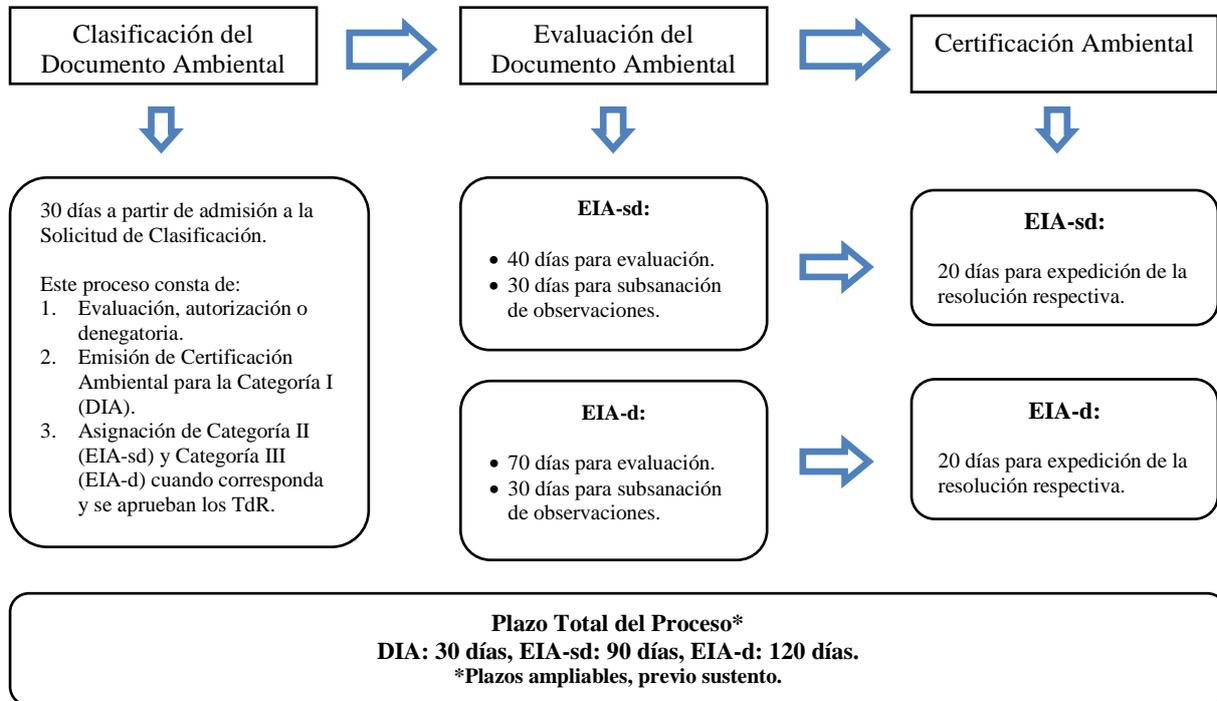
El titular tramitará ante la Autoridad Competente la Solicitud de Certificación Ambiental adjuntado el correspondiente EIA. La Autoridad Competente establecerá los requisitos para el procedimiento administrativo teniendo en cuenta lo dispuesto en la Ley N° 27444, en el presente Reglamento y los requisitos mínimos que se precisan a continuación:

1. Solicitud dirigida a la Autoridad Competente indicando el número de RUC del titular del proyecto, según el respectivo formato.
2. Ejemplares impresos y en formato electrónico del EIA, en la cantidad que la Autoridad Competente lo determine.
3. Información respecto al titular del proyecto, adjuntando los documentos que sustentan su titularidad, según el tipo de proyecto.
4. Recibo de pago por derecho de trámite, de acuerdo al Texto Único de Procedimientos Administrativos (TUPA) de la Autoridad Competente, según corresponda.
5. Otros que determine la Autoridad Competente en base a la clasificación y naturaleza del proyecto u otro aspecto de relevancia.

La Unidad de Trámite Documentario (Mesa de Partes) verificará el cumplimiento de los requisitos de admisibilidad respectivos, debiendo formular las observaciones a que hubiere lugar.

Si el proyecto fuera clasificado como categoría II ó III, la empresa consultora encargada de la elaboración del EIA deberá estar inscrita en el registro de Entidades Autorizadas para la Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental en el Sub Sector Transportes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en cumplimiento de la Resolución Directoral 063-2007-MTC/16 de fecha 06.07.2007.

El flujograma del proceso de Certificación Ambiental es el siguiente:



## 7. PRESENTACIÓN A LA DGAC DE DOCUMENTACIÓN INDICADA EN EL TUPA (ETAPA II)

Una vez obtenida la certificación ambiental expedida por la DGASA, la documentación que será adjuntada a la solicitud dirigida a la DGAC, es la siguiente:

- a. Documentación administrativa legal (Revisado por la asesoría legal de la DGAC):
  1. Copia simple del título que acredite la propiedad o legítima posesión de los terrenos según corresponda: La documentación debe encontrarse completa y actualizada.
  2. Copia de la carta poder del representante de ser el caso: La documentación debe encontrarse completa y actualizada.
  3. Pago por derecho de tramitación: El administrado solo queda obligado a informar en su solicitud, el día y el número de constancia, recomendándose adjuntar una copia simple de la constancia de pago, la escala de pago es la siguiente:
    - 3.1 Pistas menores de 800 m de longitud, 24.653% de una U.I.T.;
    - 3.2 Pistas desde 800 m hasta 1800 m, 59.167% de una U.I.T.;
    - 3.3 Pistas mayores de 1800 m de longitud, 98.611% de una U.I.T.

Adicionalmente la DGAC, en los casos que estime conveniente, solicitará información complementaria a la documentación presentada, los cuales estarán obligados a entregar dicha información en los plazos que establezca la DGAC.

b. Expediente Técnico, que estará integrado por los siguientes volúmenes:

- Volumen I : Estudio de Ingeniería.
  - Si el proyecto es un aeródromo, estará basado en el volumen I del Anexo 14 de OACI y su reglamentación relacionada.
  - Si el proyecto es un helipuerto, estará basado en el volumen II del Anexo 14 de OACI y su reglamentación relacionada.
- Volumen II : Estudio de Impacto Ambiental conteniendo el respectivo certificado de aprobación por la DGASA.

El Estudio de Ingeniería, de acuerdo a la magnitud del aeropuerto, aeródromo y/o helipuerto según corresponda, debe contener:

Memoria descriptiva (Resumen Ejecutivo del Proyecto):

Nombre del aeropuerto, aeródromo y/o helipuerto, ubicación geográfica, coordenadas geográficas (Sistema Geodésico WGS-84), elevación, temperatura de referencia del aeródromo – TRA, nombre del administrador o explotador del aeródromo, uso público o privado, clave de referencia del aeródromo, orientación de la pista de aterrizaje y/o despegue, sentido de aterrizaje y de despegue, características geométricas de la pista de aterrizaje y/o despegue, calles de rodaje y plataforma de estacionamiento de aeronaves, tipo y resistencia del pavimento, tipo de aeronave máxima permisible, categoría del aeródromo a efectos del salvamento y extinción de incendios SEI, ayudas visuales, radioayudas para la navegación, servicio de tránsito aéreo – torre de control, comunicaciones y otras informaciones sobre la parte pública, y elementos de apoyo.

Para el caso de helipuertos se complementara, con la siguiente información:

- Tipo de helipuerto: de superficie o elevado.
- Dimensiones del área de aproximación final y de despegue (FATO).
- Dimensiones del área de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF).
- Dimensiones del área de seguridad.

Parte aeronáutica:

- ✓ Meteorología (vientos – rosa de vientos, temperaturas – temperatura de referencia del aeródromo, lluvia, techos y visibilidades, etc.).
- ✓ Espacio aéreo.
- ✓ Análisis de la flota de aeronaves y determinación de la aeronave crítica o de diseño.
- ✓ Calculo de la longitud de pista de aterrizaje y/o despegue.

- ✓ Diseño geométrico de la pista de aterrizaje y/o despegue, calles de rodaje, plataformas y otros complementarios.
- ✓ Para los helipuertos, diseño geométrico del área de: i) aproximación final y de despegue (FATO), ii) área de toma de contacto y de elevación inicial (TLOF) y iii) área de seguridad (para helipuertos elevados, completar con la memoria de cálculo de las estructuras de soporte).
- ✓ Geotecnia y diseño de pavimentos.
- ✓ Topografía.
- ✓ Hidrología y drenaje.
- ✓ Ayudas visuales.
- ✓ Radioayudas para la navegación.
- ✓ Servicio de tránsito aéreo – torre de control.
- ✓ Comunicaciones.

#### Parte Pública:

- ✓ Edificio de pasajeros.
- ✓ Edificio destinado a mercancías (cargas).
- ✓ Estacionamiento de vehículos.
- ✓ Vía de acceso al aeropuerto.
- ✓ Hangares.
- ✓ Servicios agua, energía, saneamiento.

#### Elementos de apoyo del aeropuerto:

- ✓ Servicio meteorológico.
- ✓ Servicio de salvamento y extinción de incendios – SEI.
- ✓ Instalaciones de combustible para las aeronaves.
- ✓ Camino perimetral para uso del personal de mantenimiento y seguridad.
- ✓ Vallado o cerco perimetral.

#### Planos:

- ✓ Ubicación.
- ✓ Superficies limitadoras de obstáculos.
- ✓ Plano general y de detalles.
- ✓ Secciones típicas del pavimento.
- ✓ Perfiles longitudinales.
- ✓ Secciones transversales.
- ✓ Perfil estratigráfico del terreno.
- ✓ Planos hidrológicos.
- ✓ Drenaje.
- ✓ Ductos.
- ✓ Planos de la parte pública (arquitectura, estructuras e instalaciones).
- ✓ Planos de estructuras especiales (alcantarillas, pontones, soporte de los helipuertos elevados, etc.).
- ✓ Plano perimétrico.
- ✓ Señalización horizontal y vertical.
- ✓ Ayudas visuales.
- ✓ Ubicación de radio ayudas.
- ✓ Torre de control.

- ✓ Ubicación de las instalaciones del centro de comunicaciones.
- ✓ Ubicación de equipos de meteorología.
- ✓ Ubicación del Servicio de salvamento y extinción de incendios – SEI.
- ✓ Ubicación de las instalaciones de combustible para las aeronaves.
- ✓ Camino perimetral para uso del personal de mantenimiento y seguridad.
- ✓ Cerco perimétrico.

## **8. OPINIÓN FINAL DE LA DGAC (ETAPA III)**

Las solicitudes para obtener autorizaciones serán atendidas dentro del plazo máximo de 60 (sesenta) días hábiles contados a partir del día siguiente de la fecha de presentación de la solicitud acompañada de la documentación completa.

En caso de algún incumplimiento u omisión formal de los requisitos del TUPA, así como por fallas u omisiones de carácter técnico, si las hubiera; en un solo acto y por única vez, la DGAC realizara observaciones, las cuales deberán ser absueltas en los plazos establecidos en la Ley de Procedimientos Administrativos.

La DGAC puede otorgar prórroga a los plazos establecidos cuando así lo solicite el interesado antes de su vencimiento. La prórroga es concedida por única vez mediante comunicación expresa, siempre que ella no afecte derechos de terceros.

En caso de existir observaciones, el plazo para resolver por la DGAC será detenido hasta su absolución. Finalmente, luego de la presentación final del Expediente Técnico y en caso de subsistir observaciones, esta entidad rechazará la autorización solicitada; pudiendo el interesado iniciar un nuevo proceso de solicitud de autorización.

**ANEXO III:**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## ANEXO III: MATRIZ DE CONSISTENCIA

### “AYUDAS LUMINOSAS PARA LA PISTA DE ATERRIZAJE DEL NUEVO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE CHINCHERO- CUSCO”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
<p><b>PRINCIPAL</b></p> <p>¿De qué manera los sistemas de Ayudas luminosas pueden garantizar la operatividad en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero – Cusco?</p> <p><b>PROBLEMAS SECUNDARIOS</b></p> <p>a. ¿Cuáles serían los problemas económicos y turísticos de contar únicamente con un solo aeropuerto internacional en el Cuzco?</p> <p>b. ¿Se podrá mejorar las características operacionales de las ayudas luminosas en la pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Alejandro Velasco Astete (AIVA)?</p> <p>c. ¿Qué tipo de parámetros y normativas se deben tener en cuenta al momento de la implementación para poder cumplir con lo establecido por las entidades reguladoras?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Demostrar que la implementación del sistema de Ayudas Luminosas en la pista de aterrizaje del nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero, garantiza la operatividad de las actividades de aeronavegación, ya sea durante la aproximación, el aterrizaje, el despegue y el desplazamiento de las aeronaves.</p> <p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b></p> <p>a. Apoyar el potencial turístico que se encuentra por desarrollar, en el distrito de Chincheros.</p> <p>b. Cumplir con las expectativas del crecimiento del tráfico aéreo en el Perú y el Cusco</p> <p>c. Ofrecer la posibilidad de una futura ampliación de los sistemas de Ayudas luminosas en la nueva pista de aterrizaje para optar por la categoría CAT II.</p> <p>d. Dar la categorización de Aeropuerto internacional gracias al cumplimiento de las normas impuestas por las entidades reguladoras internacionales.</p> <p>e. Fomentar la aplicación de la ingeniería eléctrica en la Aeronavegación</p>	<p><b>ANTECEDENTES</b></p> <p>Ante la inminente construcción del nuevo Aeropuerto Internacional en Chinchero-Cuzco y en cumplimiento de satisfacer el alto incremento de llegadas de pasajeros, se pretende diseñar toda una estructura aeroportuaria que cumpla con las normas y estándares internacionales.</p> <p><b>DESCRIPCIÓN</b></p> <p>El nuevo Aeropuerto Internacional de Chinchero, se encuentra situado en los distritos de Chinchero y Huayllabamba, provincia de Urubamba, Departamento de Cuzco.</p> <p>Este proyecto tiene un monto de inversión total de US\$ 658 Millones de Dólares (el cual incluye ampliaciones futuras y rehabilitaciones y/o mejoramiento).</p> <p>El área de impacto del proyecto es la nueva pista de aterrizaje, la cual tiene una longitud de 4 kilómetros. En los cuales se van a realizar los diferentes trabajos de balizamiento para poder instalar los distintos equipos de iluminación y visualización respectivos.</p> <p><b>SISTEMAS DE AERONAVEGACION</b></p> <p><b>AYUDAS LUMINOSAS</b></p> <p>Existen 4 conceptos básicos en consideración para el diseño e instalación de los sistemas de Ayudas Luminosas, los cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Configuración</b> Hace referencia al emplazamiento y espaciado de los componentes que conforman un sistema.</li> <li>• <b>Código de colores</b> Sirve para identificar los diferentes sistemas de las señales de iluminación.</li> <li>• <b>Intensidad Luminosas</b> Se expresa a través de la unidad luminosa “Candelas”, denota las áreas principales de las secundarias</li> <li>• <b>Cobertura</b> Hace mención a los diferentes dispositivos luminosos, que se deben utilizar en las ayudas visuales con las configuraciones respectivas</li> </ul>	<p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El diseño y la implementación de todos los sistemas de Ayudas luminosas para la pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto internacional de Chinchero categoría CAT I cumplen con lo establecido según el Anexo 14 y la OACI, garantizando así todas las operaciones aeroportuarias.</p> <p><b>HIPÓTESIS ESPECIFICAS</b></p> <p>El diseño brinda las facilidades para una futura ampliación en caso se necesite operacionalmente subir de categoría a CAT II, pero es indispensable realizar la instalación de nuevos sistemas de ayudas luminosas, tanto en la pista de aterrizaje como en las islas.</p>	<p>Para demostrar y comprobar la hipótesis anteriormente formulada, la operacionalizamos, determinando las variables e indicadores que a continuación se mencionan:</p> <p><b>Variable X = Variable Independiente:</b> La pista de aterrizaje del nuevo aeropuerto de Chinchero</p> <p><b>Variable Y = Variable Dependientes:</b></p> <p><b>Variable dependiente Sistema de Iluminación</b> (Cantidad de equipos, tecnología, etc.) , los cuales son :</p> <p>Sistema de Ayudas Luminosas Calle de rodaje</p> <p>Sistema de Ayudas Luminosas Salidas Rápidas</p> <p>Sistema de Ayudas luminosas Aproximación</p> <p>Sistema de Ayudas luminosas Letreros</p> <p>Sistema de Ayudas luminosas Pista principal</p> <p>Sistema de Ayuda Luminosas - Letreros</p> <p><b>Variable dependiente Operacional</b></p> <p>Tipos de operaciones (diurnas o nocturnas)</p> <p>Función(Aeródromos/ Aeropuertos)</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN</b></p> <p>Presente trabajo es un proyecto de investigación aplicada con un enfoque cualitativo-cuantitativo</p> <p>Cualitativo, porque se trabajó en sentido participativo con especialistas inmersos en el problema, considerando la realidad dinámica y cambiante. Cuantitativo porque priorizo la toma de decisiones del investigador en la solución del problema.</p> <p><b>INVESTIGACION DE CAMPO</b></p> <p>El investigador acudirá repetitivamente a fuentes fidedignas de información, datos y métricas con el objetivo visualizar de una forma integral el problema. Por lo tanto, el investigador tendrá una modalidad de campo al recolectar los datos en los siguientes aspectos: estatus actual del proyecto del nuevo aeropuerto de Chinchero en especial de la pista de aterrizaje parte primordial de este proyecto de investigación, beneficios de los usuarios del nuevo sistema de ayudas luminosas y mejoramiento de la operatividad y seguridad del aeropuerto a partir de la propuesta</p> <p><b>INVESTIGACION DOCUMENTAL</b></p> <p>La investigación tendrá una modalidad bibliográfica para argumentar eficientemente el contenido teórico, a través de las diferentes fuentes primarias: repositorios digitales, libros, revistas, publicaciones, internet y otros documentos confiables que permitieron sustentar científicamente las variables</p> <p><b>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</b></p> <p>En el proyecto de investigación aplicaremos un Diseño con pos-prueba únicamente y grupo de control.</p> <p>Este diseño incluye dos grupos: uno recibe el tratamiento experimental y el otro no (grupo de control). Es decir, la manipulación de la variable independiente alcanza sólo dos niveles: presencia y ausencia. Cuando concluye la manipulación, a ambos grupos se les administra una medición sobre la variable dependiente en estudio.</p>