



**Análisis y comparación del sistema de iluminación interna de las aulas de estudio de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería aplicando normas NEC-HS-EE y UNE 12464.1**

Víctor Nasimba Medina<sup>1</sup>, vnasimba@uteq.edu.ec  
Robert Moreira Macias<sup>2</sup>, rmoreira@uteq.edu.ec  
Rogelio Navarrete Gomez<sup>3</sup>, rnavarrete@uteq.edu.ec

**RESUMEN**

Las instalaciones de iluminación actuales en la Facultad Ciencias de la Ingeniería, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, a simple vista, la mayoría de las aulas donde se imparten actividades académicas presentan inconvenientes técnicos por lo que se cree que existe el incumplimiento de las normas técnicas vigentes para la implementación de los sistemas de alumbrado interno en centros de formación académica. El presente proyecto de investigación da a conocer las irregularidades existentes en el sistema de iluminación, así como los defectos que presentan, de forma generalizada y tabulada en registros y gráficos que facilitan el entendimiento de la situación actual en lo que respecta a la iluminación de las áreas estudiadas. El enfoque está directamente relacionado a la correcta implementación de las normas vigentes que ayudan a la mejora de los ambientes de educación y centros de trabajo para docentes y estudiantes, lo cual sería de vital importancia. Los métodos utilizados fueron 'El método de lúmenes' para determinar los parámetros requeridos de las aulas, 'El método de punto a punto' para estudiar la situación actual de cada una de las aulas, 'Software dialux' para verificar los resultados obtenidos de la situación actual y la implementación correcta para una situación recomendada. Finalmente se pudo comprobar que el 75 % de las instalaciones de las luminarias no cumplen con la normativa ecuatoriana (NEC-HS-EE) y normativa de la Unión Europea (UNE 12464.1) para brindar un servicio de iluminación de calidad para poder desarrollar las actividades académicas en forma eficaz.

**Palabras claves:**

Iluminación, Lumen, Alumbrado, Norma NEC, Norma UNE



## **ABSTRACT**

The current lighting installations at the Faculty of Engineering Sciences, Quevedo State Technical University, to the naked eye, most of the classrooms where academic activities are taught present technical problems, so it is believed that there is a breach of the current technical standards for the implementation of internal lighting systems in academic training centers. This research project reveals the irregularities in the lighting system, as well as the defects that they present, in a generalized and tabulated way in records and graphs that facilitate the understanding of the current situation regarding the lighting of the areas studied. The approach is directly related to the correct implementation of the current norms that help to improve the educational environments and work centers for teachers and students, which would be of vital importance. The methods used were 'The lumens method' to determine the required classroom parameters, 'The point-to-point method' to study the current situation of each of the classrooms, 'Dialux Software' to verify the results obtained from the Current situation and the correct implementation for a recommended situation. Finally, it was found that 75% of the luminaire installations do not comply with Ecuadorian regulations (NEC-HS-EE) and European Union regulations (UNE 12464.1) to provide a quality lighting service to carry out activities academics effectively

## **Key Words:**

Lighting, Lumen ,NEC Standard, UNE Standard



## **1. INTRODUCCIÓN**

Una buena iluminación puede llegar a conseguir que los lugares en los que vivimos y trabajamos se conviertan en algo más que un simple lugar de trabajo u ocio, gracias a un buen diseño lumínico se pueden crear ambientes más que agradables. Comprobar en un determinado espacio si el nivel de iluminación es adecuado o no, se convierte en una tarea fundamental si se quiere conseguir espacios grandiosos halando en términos iluminación.

La iluminación ha sido un aspecto importante dentro del ámbito laboral, de estudios, de entretenimiento, para sectores internos y externos dando apoyo visual a todos los usuarios que utilizan este servicio eléctrico. Este tipo de sistemas a través del tiempo ha ido evolucionando y modificando sus diversos procesos, sistemas, formas y/o equipos para suministrar iluminación.

Los usos de estos sistemas son indispensables y la labor que compromete es importante para las personas ya que de aquellas fuentes luminosas depende la capacidad visual al momento de que la luz natural está en ausencia o incluso en lugares con poca iluminación de esa forma aumenta la confortabilidad de los espacios internos, la iluminación deficiente ocasiona fatiga visual ocurre si los lugares de trabajo y las vías de circulación no disponen de iluminación adecuada, ya sea natural o artificial, o durante la noche.

Los estándares de calidad para las instalaciones de iluminación se basan en normativas legales que brindan el confort, la seguridad y los niveles de iluminación adecuados para cada uno de sus fines en sí. Las instalaciones de iluminación de los locales, puestos de trabajo y de las vías de circulación deberían estar colocadas de tal manera que el tipo de iluminación previsto no suponga un riesgo de accidente o efectos negativos para las personas.

### **1.1. PROBLEMÁTICA**

El Incumplimiento de las normas técnicas aplicadas en el sistema de iluminación hacen posible la existencia de efectos negativos en el rendimiento de los sistemas de iluminación en la infraestructura de la



Facultad de Ciencias de la Ingeniería, sus aulas de estudio, en específico, derivándose en inconvenientes en el rendimiento académico del estudiante.

## **1.2. JUSTIFICACION**

El proyecto pretende demostrar las irregularidades existentes en el interior del alumbrado de las aulas de estudio, la eficiencia actual de las instalaciones y sus inconvenientes con el rendimiento académico del estudiante y docente, y dar las posibles soluciones con el objeto de anticipar prevenir y corregir errores en futuros diseños de iluminación.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. Objetivo general**

Analizar el sistema de iluminación en el interior de las aulas de la facultad de ciencias de la ingeniería, mediante instrumentación de medida y software Dialux.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Realizar la medición correspondiente a las especificaciones lumínicas que presentan cada una de las aulas.
- Calcular los parámetros requeridos del sistema de iluminación para cada una de las aulas.
- Identificar irregularidades y fallos técnicos en la implementación del alumbrado publico
- Comparar los resultados medidos y calculados del sistema de iluminación con el software DIALux

## **1.4. MARCO TEORICO**

### **1.4.1. Marco legal**

#### **1.4.1.2. Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC)**



### 1.4.1.3. Valores mínimos de iluminación. (NEC-HS-EE-Final)

Se debe contar con un nivel mínimo de iluminación presente en el interior de la infraestructura en función de las necesidades de cada espacio, de acuerdo con lo estipulado en la siguiente tabla [1].

Tabla 1 Niveles de iluminación recomendados según NEC-HS-EE-Final

Áreas	Mínimo [lux]	Recomendado [lux]	Óptimo [lux]
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuarto de baño	100	150	200
Cuarto de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuarto de Estudio o trabajo	300	500	750
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150

### 1.4.2. Conceptos básicos

**Luminotecnia:** Luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de luz, así como su control y aplicación [5].

**Flujo luminoso:** Flujo luminoso es la cantidad total de luz radiada o emitida por una fuente durante un segundo [5].

**Nivel de iluminación:** En nivel de iluminación o iluminancia se define como el flujo luminoso incidente por unidad de superficie [5].



**Intensidad luminosa:** La intensidad luminosa de una fuente de luz en una dirección dada, es la relación que existe entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera, cuyo eje coincida con la dirección considerada, y el valor de dicho ángulo sólido expresado en estereorradianes [5].

**Luminancia:** Luminancia es la intensidad luminosa por unidad de superficie perpendicular a la dirección de la luz [5].

**Iluminancia:** Cantidad de flujo luminoso recibido en una superficie, dividido por el área de dicha superficie [5].

**Eficacia lumínica:** Capacidad que tiene la fuente de luz para aprovechar la energía que consume y convertirla en energía visible [6].

**Eficiencia lumínica:** Capacidad que tiene una luminaria para reemitir el flujo luminoso insertado en ella [6].

**Temperatura de color:** Temperatura a la que el espectro de emisión de una fuente luminosa es equiparable al espectro de emisión de un cuerpo negro a esa temperatura. Relacionada con la tonalidad de la luz [6].

**Índice de Reproducción Cromática (IRC):** Este parámetro nos indica cómo es el rendimiento de una fuente luminosa de una temperatura de color dada en cuanto a la reproducción de los colores se refiere, comparada con otras fuentes de referencia [6].

### 1.4.3. Campo de aplicación

El presente proyecto está enfocado a todos aquellos locales, edificio o conjunto de los mismos, de carácter multidisciplinario, donde se realizan variadas actividades de educación y formación. [7]

Estos edificios pueden ser:

- Universidades.
- Colegios
- Institutos de Enseñanza Secundaria



- Centros de Formación Profesional
- Academias
- Aulas educativas

Además de las actividades específicas destinadas a la enseñanza, en un centro docente existen una serie de espacios destinados a actividades que ayudan al fin último del mismo, que no es otro que la formación integral del individuo.

Estos espacios pueden ser:

- Aulas de enseñanza teórica, Aulas de enseñanza práctica (dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales, informática, Aulas para actividades especiales y salón de actos.

#### **1.4.3.1. Clasificación de actividades**

Al estudiar el diseño del alumbrado de un centro docente, observamos la existencia de distintas tareas que requieren de un tratamiento específico. La luz natural exterior participará de una forma definitiva en la iluminación de los interiores, si bien de manera distinta en las distintas salas, en función de la orientación de éstas y de la superficie acristalada (ventanas, lucernarios, claraboyas) que dispongan. [7]

#### **1.4.3.2. Espacios con actividad visual normal:**

En este apartado dedicaremos especial atención al alumbrado de aulas, asimilando al mismo el de otros locales, tales como seminarios, salas de profesores y oficinas administrativas.

##### **1.4.3.2.1. Aulas.**

Dentro del alumbrado de los centros docentes, el de las aulas es el más común y a la vez el que más requiere la atención del proyectista. en las escuelas elementales, como en secundaria o facultades universitarias, es en las aulas donde los alumnos pasan la mayor parte de las horas lectivas.



La iluminación de las aulas depende de la tarea que se realiza en ellas, y comprende desde la toma de notas, hasta la realización de exámenes, utilización de calculadoras, etc. La tarea de mayor dificultad consiste en la lectura de un texto impreso o más aún, la lectura de un texto escrito con lápiz; por lo tanto, el nivel de iluminación debe ser el apropiado para la realización de esta tarea. [7].

**Iluminancia y uniformidad:** Se entiende por iluminancia o nivel de iluminancia, a la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que, emitido por una fuente de luz, llega vertical u horizontalmente a una superficie, dividido por dicha superficie, siendo su unidad de medida el lux.[8].

**a) El nivel de iluminancia debe fijarse en función de:**

- El tipo de tarea a realizar (necesidades de agudeza visual)
- Las condiciones ambientales
- Duración de la actividad

Según el tipo de actividad, las iluminancias a considerar serán:

- Horizontales
- Verticales

En el plano horizontal la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrado simétrico. [7]

El cálculo del índice del local es en función de:

$$K = \frac{L \cdot A}{H \cdot (L + A)} \quad (1)$$

En donde:

L = Longitud del local

A = Anchura del local



El número de puntos mínimos es:

**Tabla 2 Número de puntos de medición según el índice local**

Índice de área	Número mínimo de zonas a evaluar
$K < 1$	4
$1 \leq K < 2$	9
$2 \leq K < 3$	16
$3 \leq K$	25

En el plano vertical la iluminancia media estará definida por el valor medio del sumatorio de puntos. El número mínimo de puntos a considerar será función de la actividad a la que este dedicada la superficie y de la obtención de un reparto cuadrículado lo más simétrico posible. [4]

Una vez obtenido el número de puntos a medir, utilizando métodos estadísticos calcularemos la media de todas las lecturas tomadas con la siguiente fórmula:

$$E_{media} = \frac{\Sigma \text{valores medidos}}{\text{cantidad de puntos medidos}} \quad (2)$$

**b) Uniformidad de iluminancias:**



Las uniformidades horizontales y verticales serán función de los valores de iluminancia media, mínima y máxima, obtenidas de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical. [4]. La relación de uniformidades a utilizar para valorar cada plano de cálculo es:

$$E_{media} = \frac{U_{min}}{U_{max}} \quad (3)$$

### **1.4.3. Sistemas de iluminación.**

#### **1.4.3.1. Alumbrado general.**

Se denomina así al alumbrado de un espacio en el que no se tienen en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados. [8]



Figura 1. Iluminación general

#### **1.4.3.2. Alumbrado localizado.**

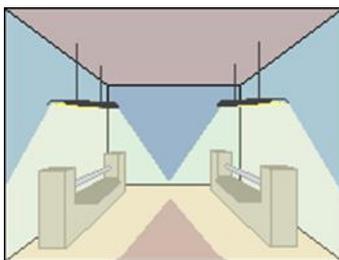
Es utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente. [8]



**Figura 2 Iluminación general**

#### **1.4.3.3. Alumbrado general localizado.**

Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.[8]



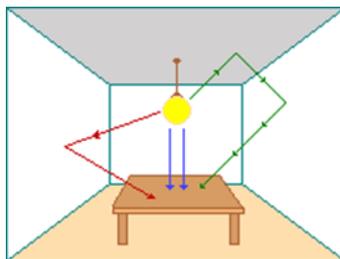
**Figura 3. Iluminación general localizado**

#### **1.4.3.4. Alumbrado directo.**

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido alcanza directamente al plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado. [8].

#### **1.4.3.5. Alumbrado indirecto.**

Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que no más del 10% del flujo emitido alcanza directamente el plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado. [8]



**Figura 4. Iluminación directo e indirecto**

## **2. MÉTODO**

### **2.1. Método de punto a punto**

Este método divide las áreas en partes iguales y poder obtener las coordenadas exactas para ubicar el equipo de medición de niveles de iluminación, luego de saber la cantidad de mediciones para cada área se realiza las mediciones con el luxómetro.

### **2.2. Método de lúmenes**

El método de los lúmenes es una forma muy práctica y sencilla de calcular el nivel medio de la iluminancia en una instalación de alumbrado general. Proporciona una iluminancia media con un error de  $\pm 5\%$  y nos da una idea muy aproximada de las necesidades de iluminación.

### **2.3. Dialux.**

El Dialux es un software libre que permite realizar diseños de instalaciones de iluminación tanto interiores como exteriores, el software permite hacer diseños tridimensionales con mayor facilidad, permite trabajar con formatos que son compatibles con otros softwares de diseño gráfico por ejemplo AUTOCAD, lo cual facilita el proceso en cuanto al diseño, además permite calcular los niveles de deslumbramiento o grado de reflexión etc.



La manera que Dialux realiza la ubicación de luminarias en espacio o áreas de actividad, es a través de catálogos interactivos permitidos por los fabricantes de las mismas, existe una diversidad de modelos y marcas, la cual solo basta con seleccionar el tipo de aplicación de la instalación, tales como comercial, industrial, residencial o decorativa cada uno de ellos tendrán las características luminotécnicas.

**Cuando se utilice iluminación artificial, considerar:**

- a) Encender las lámparas con antelación permitiendo que el flujo de luz estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor.
- b) instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición y los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura.

**Ubicación de los puntos de medición:**

Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo Considerando los criterios tomados de la normativa NOM-025-STPS. Calcular la iluminancia media de cada una de las aulas a evaluar.

**Determinación de la uniformidad:**

Una vez obtenida la iluminación media, se divide por la iluminación nominal de cada una de las áreas analizadas, para luego verifica el resultado según la uniformidad de iluminación que lo determina el decreto ejecutivo 2393

**Determinación del factor de luz natural promedio:**



Se hace la relación de la iluminancia natural del interior con el exterior de las aulas.

### **Cálculo de la eficiencia energética de la instalación:**

Se calcula potencia utilizada por unidad de área en las aulas de estudios para cada 100 luxes en función de la iluminancia media existente.

### **Registro de datos medidos:**

Se crea un registro o ficha técnica en donde se coloca los datos obtenidos por cada una de las aulas en estudio, los valores serán utilizados para la evaluación del nivel de iluminación, para demostrar en un resumen de una matriz técnica de los resultados del análisis de las mediciones realizadas.

### **Aplicación del método de lúmenes:**

se determina los parámetros físicos- lumínicos de las aulas en análisis a través del método de lúmenes para comparar con los datos medidos y registrados con anterioridad.

### **Utilización del Software DIALux:**

A través de los planos arquitectónicos de la Facultad de Ciencias de la ingeniería, se procede a realizar el diseño de una de las aulas para la demostración de las necesidades lumínicas recomendadas para cada una de las aulas de estudio del edificio en análisis.

## **2.4. Equipo y material empleado**

A continuación, se presenta el equipo utilizado para realizar la experimentación, con su respectiva descripción.

- Luxómetro digital illuminance meter



- Marca: TES-1335
- Temperatura ambiental: 0°C a 40°C
- Humedad relativa: 80 % de Hr. del aire
- Desconexión automática: a los 30 minutos
- Sensor: fotodiodo de silicón con filtro espectral
- Apropiado para: comportamiento espectral y mediciones de luz visible
- Rango de medición: a elegir lux o foot candle / 0-400.000 lux en 0 – 40 (kfc)
- Precisión: +- 3 % (de la lectura) / 4 % (del rango de medición)

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados del método de lúmenes

Según la tabla 3, se pueden apreciar las primeras recolecciones de datos, valores obtenidos y observaciones por el método de lúmenes.

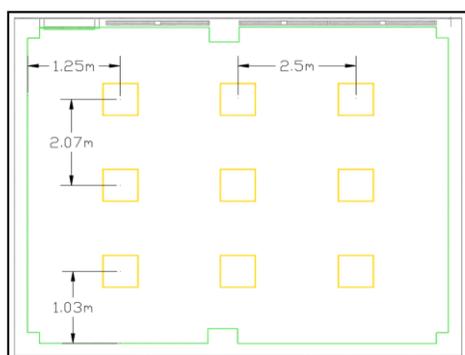
**TABLA 3 RESULTADOS DEL MÉTODO DE LÚMENES**

Descripción de los datos	Valores obtenidos	Observación
Área cantidad de lámparas	46.5	Área promedio de las aulas
Altura de suspensión de la lámpara	1.92	Altura recomendada
Lux recomendable	500	Según las normas
Flujo luminoso (lum)	41546	Flujo luminoso recomendado para cada aula
Flujo luminoso de luminaria (lum)	4800	Flujo luminoso recomendado para cada luminaria
Cantidad mínima de lámparas	9	Cantidad mínima de luminarias que deberían tener cada aula
Distribución de las luminarias	3x3	Cantidad de luminarias en función de su perímetro



	2.50	<i>Entre luminarias a lo largo</i>
Distancia entre luminarias y perímetro del aula (m)	1.25	<i>Entre pared y luminaria a lo largo</i>
	2.07	<i>Entre luminarias a lo ancho</i>
	1.03	<i>Entre pared y luminaria a lo ancho</i>
Cantidad de lámparas recomendadas	9 a 12	<i>Debido a que unas aulas presentan un área mayor, la cantidad de luminarias debería aumentar</i>

La ficha técnica que se presenta en esta sección del proyecto muestra todos los parámetros de dimensiones físicas que debe presentar un aula promedio en función al nivel de iluminación recomendado por la norma vigente. En base al método de los lúmenes el número de lámparas y la distancia que hay entre ellas y la distancia que hay entre ellas y el perímetro de cada una de las aulas debería ser aproximadamente similar como se muestra en la Figura 12.



**Figura 12 Distribución de las luminarias dentro de las aulas.**

Utilizando el programa de computadora DIALux se procede a diseñar el aula promedio para verificar si los parámetros calculados según el método de los lúmenes



son viables y factibles para la correcta disposición de las luminarias de cada una de las aulas como se puede observar en las siguientes imágenes.

La Figura13 muestra la parte física de un aula promedio en base a las medidas dimensionales tomadas en cada una de las aulas de la Facultad Ciencias de la Ingeniería, todos los pisos, exceptuando la primera planta baja.



**Figura 13 Vista frontal del aula correctamente iluminada**

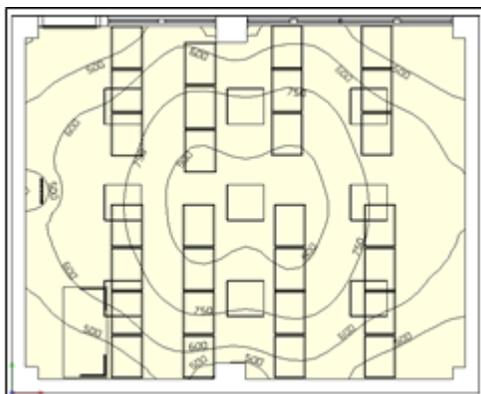
En la Figura 14, la zona amarilla establece el plano de trabajo, donde las normas sugieren tomar entre los 60 cm y 85 cm a partir del suelo, pero en este caso en particular se opta por tomar la altura de las mesas, de 75 cm de altura, donde será el lugar en el que se necesitará el nivel de iluminación más óptimo posible.



**Figura14 Plano de trabajo a iluminar**



La Figura 15 muestra la distribución del flujo luminoso en el plano de trabajo; se puede observar que, en cada línea a partir del centro de la figura a las esquinas de la misma, el nivel luminoso se reduce considerablemente; en las partes más alejadas del aula mantiene el nivel de luminosidad recomendada.



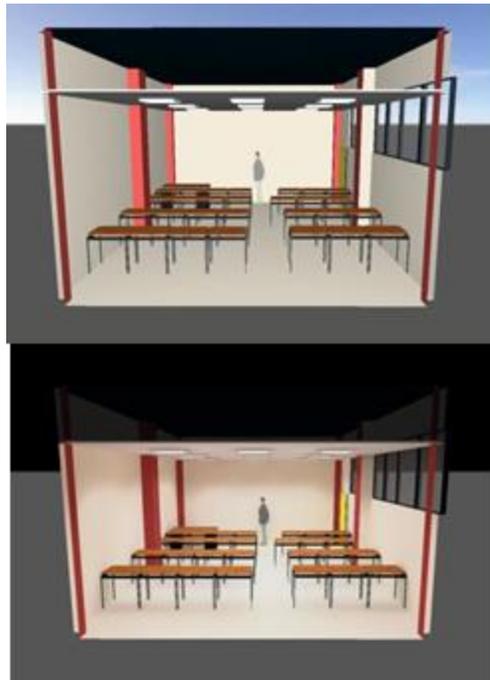
**Figura 15** Distribución del flujo luminoso en el plano de trabajo

A continuación, se puede observar la misma distribución en el diseño 3D realizados en el software DIALux. según la Figura 16.



**Figura 16** Distribución del flujo luminoso en el diseño 3D.

La siguiente Figura 17, muestra el diseño del aula promedio en 3D, la primera parte en el día y la otra parte en la noche



**Figura 17 Aula promedio 3D**

Para un mejor entendimiento nos guiaremos con la función de colores falsos donde utilizaremos una regleta de colores que muestra el nivel de iluminación que presenta cada sector del aula puesto en análisis.





### 3.2. Discusión de Resultados

El método de punto a punto es una técnica que nos permitió medir y calcular el nivel de iluminación media y la uniformidad de cada una de las aulas para poder verificar si se está cumpliendo con las normas y la estandarización de calidad.

La Figura 18, muestra el aula promedio, en donde se precedió a realizar el respectivo encuadre de las áreas en donde se realizó las mediciones con el instrumento de medida (luxómetro). Los puntos rojos señalizan la posición del luxómetro a la altura de trabajo estipulada anteriormente.

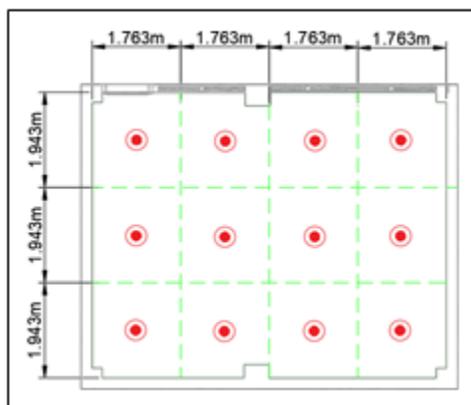
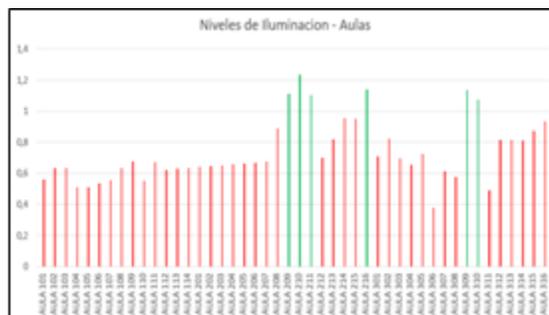


Figura18 Posición de los puntos de medición

Según la Figura 19, muestra una tabla donde se graficó el nivel de iluminación media de cada una de las aulas en estudio, llegando a saber que solamente las aulas de la segunda planta alta 209, 210, 211, 216, y las aulas de la tercera planta alta 309 y 310 cumplen con el nivel de iluminación estipulada.



**Ilustración 19 Niveles de iluminación alcanzados por aula.**

La Figura 20 nos permite determinar que el 13% de las aulas de la Facultad Ciencias de la Ingeniería; primera, segunda y tercera planta alta cumplen con el nivel de iluminación y el otro 87% presenta un déficit de iluminación estipulada.



**Figura 20 cumplimiento de los niveles de iluminación**

Según el Decreto 2393, norma ecuatoriana, designa que el nivel de uniformidad debe ser mayor al 0,7 por lo cual, según la Figura 21, solamente el 39% de las aulas cumplen con la norma y el otro 61% presenta variaciones significativas de luxes en el plano de trabajo.



Figura 21 uniformidad de las aulas

El valor eficiencia energética para las instalaciones se mide en  $W/m^2$  es decir la cantidad de potencia que existe por unidad de área, en otras palabras, si el valor de eficiencia energética es bajo se puede decir que la instalación consumirá menos energía caso contrario la instalación podría estar consumiendo demás.

La norma ecuatoriana NEC-HS-EE , señala que el valor de eficiencia energética para aulas y laboratorios no debe sobrepasar los  $4W/m^2$ . La Figura 22, muestra los valores de eficiencia energética que presenta cada una de las aulas y se observa que todas cumplen con la norma, es decir, las aulas no sobre pasan con el valor estipulado según la norma.

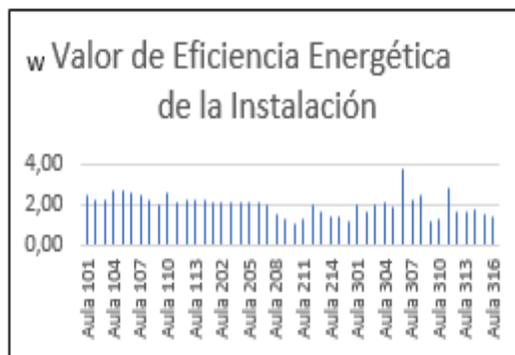
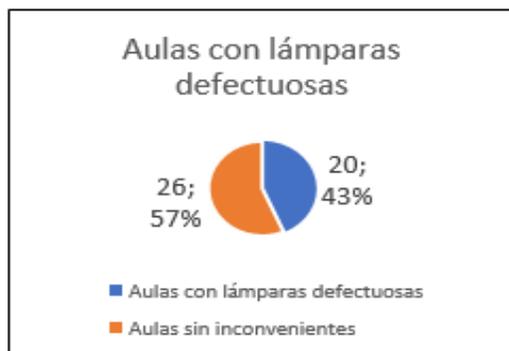


Figura 22 Valor de eficiencia energética de la instalación, para cada una de las aulas.



En la Figura 23, se pudo determinar, que el 43% de las aulas las lámparas instaladas presentan un mal funcionamiento por terminación de su vida útil.



**Figura 23 aulas con lámparas defectuosas**

#### **4. CONCLUSIONES**

- Dentro de la media de las características dimensionales de todas las aulas, el índice local nos ubica en 12 puntos distribuidos uniformemente dentro de cada una de las aulas.
- Las aulas deberían de contar con 9 luminarias que contengan 3 lámparas fluorescentes de 18 watts cada una, carga instalada total de 54 watts por luminaria, distribuidos uniformemente por el área del aula, 3 columnas de luminarias y 3 filas de luminarias, a una altura media de 1,92 metros a partir del plano de trabajo el cual estará ubicado a 0,75 metros de altura desde el suelo.
- El nivel de iluminación recomendado para alumbrado interno en espacios destinadas a formación académica debe ser de 500 luxes y solamente el 13% de las aulas cumplen con el nivel requerido y las otras 87% tienen un déficit en el nivel de iluminación.
- El 39% de las aulas satisfacen con el requerimiento y el otro 61% presenta



una gran variación de iluminación a lo largo del plano de trabajo.

- Dialux demuestra que el sistema de iluminación actual de las aulas no cumple con las normas adecuadas para el alumbrado interno en centros de formación académica.

## **5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] I. Adrián, D. Sandoya, A. Gustavo, and R. Ordóñez, “NEC- HS-EE,” 2018.
- [2] I. E. de S. S. IEES, “Decreto Ejecutivo 2393 Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo,” p. 94, 1986.
- [3] Comisión de Normalización Europea de la norma, “UNE 12464-1: Iluminación de los lugares de trabajo en interior,” pp. 1–15, 2002
- [4] Secretaria de Turismo, “Norma Oficial Mexicana NOM-010-TUR-2001,” *Caribe mexicano. Qro.Gob.Mx*, pp. 1–9, 2001
- [5] U. T. N. de Argentina, “Luminotecnia,” p. 9, 2016.
- [6] E. Sánchez, “Conceptos Básicos De Luminotecnia Elena Sanjuán Sánchez Responsable Laboratorios,” p. 51, 2014.
- [7] C. Español De Iluminación, “EFICIENCIA Y AHORRO ENERGÉTICO Guía Técnica de Eficiencia Energética Centros Docentes en iluminación.
- [8] L. G. Molano Cetina, “Tesis grado,” *Biomédica*, vol. 31, no. sup3.2, 2011.
- [9] N. Castilla, “La iluminación artificial en los espacios docentes,” 2015.
- [10] Norma Ecuatoriana de construcción, “NEC-11-Capítulo 13: Eficiencia Energética En La Construcción En Ecuador,” p. 51, 2011.