



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO LUMÍNICO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA  
ECUATRAN SA DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA,  
ECUADOR”**

---

**AUTOR:** Ángelo Mauricio Valencia Salinas

**TUTORA:** Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta, Mg.

**AMBATO - ECUADOR**

**Febrero - 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutora del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: “**DISEÑO LUMÍNICO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUATRAN SA DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA, ECUADOR**”, elaborado por el Sr. Angelo Mauricio Valencia Salinas, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1804724696, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico que:

- El presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, febrero 2023



---

**Ing. Alejandra Marlene Lascano Moreta Mg.**

**TUTORA**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Angelo Mauricio Valencia Salinas**, portadora de la C.I. **1804724696** declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO LUMÍNICO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUATRAN SA DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA, ECUADOR”**, así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, febrero 2023



---

**Angelo Mauricio Valencia Salinas**

**C.I. 1804724696**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación según las normas de la institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, febrero 2023



---

**Angelo Mauricio Valencia Salinas**

**C.I. 1804724696**

**AUTOR**

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Angelo Mauricio Valencia Salinas, de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO LUMÍNICO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUATRAN SA DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA, ECUADOR”**

Ambato, febrero 2023

Para constancia firman:



Ing. María Belén Paredes Robalino Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**



Ing. Thalia Daniella San Antonio Serrano Mg.

**MIEMBRO CALIFICADOR**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Patrica y Angel por impulsarme en este camino de conocimiento, por su esfuerzo, paciencia, e inmenso cariño.

A mis hermanas Pamela y Anabel por guiarme, comprenderme, por su incondicional apoyo.

A toda mi familia que de una forma u otra han logrado aportar para el desarrollo de este proyecto, con sus consejos, con su sabiduría y su total cariño.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios y a mis padres por permitirme culminar una meta muy importante para mí, agradezco por siempre iluminar mi camino y mi vida, guiando por el mejor sendero, por darme fuerza y esperanza para poder cumplirlo.

A los docentes de la carrera de Ingeniería mecánica, han sido fundamental en este trayecto, gracias por compartir sus conocimientos, su valioso tiempo y su pasión por la educación.

## Índice de Contenido

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Tema de investigación:.....	1
1.2. Antecedentes investigativos .....	1
1.3. Objetivos .....	3
1.3.1. Objetivo general .....	3
1.3.2. Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación.....	3
1.5. Fundamentación teórica .....	5
1.5.1. Luminosidad en el trabajo.....	5
1.5.2. Iluminación .....	5
1.5.3. Magnitudes y unidades luminosas .....	8
1.5.4. Radiación luminosa y sus características .....	9
1.5.5. Leyes de la luminotecnia.....	11
1.5.6. Sistemas de iluminación.....	11
1.5.7. Iluminación natural .....	12
1.5.8. Iluminación artificial.....	12
1.5.9. Clasificación de los sistemas lumínicos según la direccionalidad del flujo luminoso.....	13
1.5.10. Clasificación de los sistemas lumínicos según la distribución del flujo	

luminoso.....	14
1.5.11. Las luminarias .....	16
1.5.12. Lámparas y sus características luminotécnicas .....	16
1.5.13. Medición de iluminación (luxometría).....	18
<b>CAPÍTULO II METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
2.1. Materiales .....	21
2.2. Métodos .....	22
2.2.1. Enfoque .....	22
2.2.2. Modalidad de la investigación .....	22
2.2.3. Nivel o tipo de investigación.....	23
2.2.4. Plan de recolección de información .....	24
2.2.5. Población y muestreo .....	24
2.2.6. Procesamiento y Análisis .....	25
<b>CAPÍTULO III DESARROLLO DEL PROYECTO.....</b>	<b>26</b>
3.1. La empresa .....	26
3.2. Identificación del riesgo .....	26
3.2.1. Encuesta de iluminación .....	26
3.2.2. Equipo de medición especializado usado en el trabajo.....	34
3.2.3. Evaluación de la iluminación existente.....	36
3.2.4. Evaluación de los niveles de iluminación por puesto de trabajo (luxometría) .....	37
3.2.5. Registro de los distintos niveles de iluminación .....	40
3.2.6. Resultados de las mediciones para el factor de uniformidad .....	68
3.3. Propuesta .....	72
3.3.1. Datos Informativos.....	72
3.3.2. Antecedentes de la propuesta .....	72
3.3.3. Justificación.....	73
3.3.4. Objetivos .....	74
3.3.5. Análisis de factibilidad.....	74
3.3.6. Base científica y técnica.....	74
3.3.7. Análisis software.....	77
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>96</b>

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
Conclusiones .....	96
Recomendaciones .....	97
Bibliografía .....	98
Anexos .....	101

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Espectro electromagnético.....	7
Figura 2. Relación altura-separación de las luminarias . .....	15
Figura 3. Iluminación uniforme vs Relación iluminación localizada .....	16
Figura 4. Pérdidas por deterioro de la lampara. ....	18
Figura 5. Simulación 3D en el software del área de producción. ....	77
Figura 6. Simulación de iluminación previo al diseño del área de producción. .....	78
Figura 7. Estudio de iluminación en la zona de producción diseña. ....	80
Figura 8. Análisis de iluminancia en la zona de producción.....	80
Figura 9. Planos útiles de trabajo rediseñados en zona de producción .....	81
Figura 10. Estudio de iluminancia previo en la zona de carpintería. ....	83
Figura 11. Análisis de iluminancia en la zona de carpintería. ....	83
Figura 12. Planos útiles de trabajo en zona de carpintería. ....	84
Figura 13. Estudio de iluminancia previo en el área de mantenimiento. ....	85
Figura 14. Análisis de iluminancia en el área de mantenimiento. ....	86
Figura 15. Planos útiles de trabajo rediseñados en el área de mantenimiento. .....	87
Figura 16. Estudio de iluminancia previo en el cuarto de pintura gris. ....	88
Figura 17. Análisis de iluminancia en el cuarto de pintura gris.....	89
Figura 18. Planos útiles de trabajo en el cuarto de pintura gris. ....	90

Figura 19. Estudio de iluminancia previo en el cuarto de pintura verde.....	91
Figura 20. Análisis de iluminancia en la cabina de pintura verde. ....	91
Figura 21. Planos útiles de trabajo rediseñados en la cabina de pintura verde. .....	91
Figura 22. Estudio de iluminancia previo en el cuarto de granallado. ....	92
Figura 23. Análisis de iluminancia en el cuarto de granallado. ....	94
Figura 24. Planos útiles de trabajo rediseñados en cuarto de granallado.....	95

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1. Segmentación del área de producción.....	27
Gráfico 2. Percepción de la iluminación .....	28
Gráfico 3. Comodidad en el puesto de trabajo.....	28
Gráfico 4. Regulación de iluminación .....	29
Gráfico 5. Calificación de iluminación .....	30
Gráfico 6. Deslumbramiento.....	31
Gráfico 7. Normas de seguridad por parte de la empresa .....	31
Gráfico 8. Reemplazo de los elementos lumínicos.....	32
Gráfico 9. Problemas visuales.....	33
Gráfico 10. Evolución correctiva .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de reflectancia .....	9
Tabla 2. Porcentaje de reflexión en diversos colores .....	10
Tabla 3. Porcentaje de reflexión en diversos colores .....	10
Tabla 4. Porcentaje de reflexión en diversos colores .....	12
Tabla 5. Porcentaje de reflexión en diversos colores .....	17
Tabla 6. Rango de superficies reflectoras .....	19
Tabla 7. Recursos materiales empleados .....	21
Tabla 8. Partes del luxómetro.....	34
Tabla 9. Especificaciones de escala LUX y Fc equipo EXTECH 401025 .	35
Tabla 10. Descripción de subáreas de producción .....	39
Tabla 11. Datos de medición tomados en el turno nocturno.....	41
Tabla 12. Promedios de niveles lumínicos.....	44
Tabla 13. Registros del nivel lumínico .....	48
Tabla 14. Resumen de los niveles de iluminación .....	66
Tabla 15. Cumplimiento del factor de uniformidad en los puestos de trabajo .....	69
Tabla 16. Cumplimiento del factor de reflexión Kf.....	71
Tabla 17. Reflectancias efectivas para colores, superficies y texturas (%) ...	75
Tabla 18. Fuente de luz utilizada en la zona de producción. ....	79
Tabla 19. Lista de luminarias para rediseño en zona de producción. ....	81

Tabla 20. Fuente de luz en cuarto de carpintería. ....	82
Tabla 21. Lista de luminarias para cuarto de carpintería. ....	84
Tabla 22. Fuente de luz en el área de mantenimiento. ....	85
Tabla 23. Lista de luminarias para área de mantenimiento.....	87
Tabla 24. Fuente de luz en el cuarto de pintura gris. ....	88
Tabla 25. Lista de luminarias para el cuarto de pintura gris. ....	89
Tabla 26. Fuente de luz en el cuarto de pintura verde. ....	90
Tabla 27. Lista de luminarias para rediseño.....	92
Tabla 28. Fuente de luz en el cuarto de pintura verde. ....	93
Tabla 29. Lista de luminarias para rediseño.....	94

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la empresa Ecuatran SA, donde se inicia con un diagnóstico del sistema lumínico en las áreas de producción en base la legislación vigente del decreto ejecutivo 2393 y lo dictaminado en el reglamento de seguridad y salud ocupacional del Ecuador, con el uso de herramientas de medición y recolección de datos se identificó las condiciones actuales de la iluminación haciendo un comparativo de cada área con las normas UNE-EN 12464-1 y NOM-025-STPS, se usó además el factor de uniformidad y de reflexión para mejor precisión de los resultados. Se presenta una propuesta de rediseño lumínico tomando en cuenta las necesidades evaluadas previamente y cumplimiento de normativas con el fin de brindar iluminación suficiente y de calidad, se la realizó en base a las especificaciones técnicas y requerimientos de cada trabajador; se distribuyó de manera uniforme el flujo lumínico y se crearon simulaciones para validar su eficacia.

**Palabras clave:** Iluminación, Áreas de producción, UNE-EN 12464-1, NOM-025-STPS, Rediseño lumínico.

## ABSTRACT

The present research work was developed in Ecuatran SA, where it begins with a diagnosis of the lighting system in the production areas based on the current legislation of the executive decree 2393 and what is dictated in the regulations of occupational safety and health of Ecuador, with the use of measurement tools and data collection, the current lighting conditions were identified making a comparison of each area with the UNE-EN 12464-1 and NOM-025-STPS standards, the uniformity and reflection factor was also used for better accuracy of the results. A lighting redesign proposal is presented, considering the previously evaluated needs and compliance with regulations in order to provide sufficient and quality lighting, based on the technical specifications and requirements of each worker; the luminous flux was distributed uniformly, and simulations were created to validate its effectiveness.

**Key words:** Lighting, Production areas, UNE-EN 12464-1, NOM-025-STPS, Lighting redesign.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### **1.1. Tema de investigación:**

DISEÑO LUMÍNICO EN LAS ÁREAS DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA ECUATRAN SA DEL CANTÓN AMBATO, PROVINCIA TUNGURAHUA, ECUADOR.

### **1.2. Antecedentes investigativos**

El problema actual de la empresa Ecuatran SA se manifiesta en la inadecuada iluminación del ambiente de trabajo en las áreas de producción. Esta situación afecta principalmente al proceso de fabricación de transformadores, lo que hace que la producción sea baja. Además, el diseño de las instalaciones no permite el ingreso de la luz natural, semblante que no favorece el trabajo, a lo que se suma el alto consumo de energía eléctrica que genera un alto costo que afecta la rentabilidad de la compañía.

En el presente proyecto técnico se analizó diferentes estudios concernientes con el fin de identificar las variables como el confort visual dentro de un sistema de iluminación, la información recolectada se resume en los párrafos siguientes.

Ji-Hyun Lee en su artículo de investigación evaluó los efectos de la temperatura del color de la luz y los niveles de iluminación sobre la respuesta visual y el estado de ánimo. La atmósfera a 3000°K se caracterizó por deslumbramiento y el resplandor, provocando molestias visuales a niveles de iluminación superiores a 500 lux. En el estudio los trabajadores en condiciones de 6500°K optan por 500 lux mientras que con una temperatura de 4000°K hay una preferencia por 500 a 700 lux. La temperatura de calor más baja se vincula con estado de ánimo mejor, en los menores niveles de iluminación mientras tanto, se prefirió una temperatura de color más alta en niveles de luz más altos [1].

En la investigación realizada por Luis Núñez en cuanto al inconfort lumínico presenta afecciones visuales en las diferentes áreas laborales el promedio de lectura del luxómetro se encuentran entre 69.9 lux - 333.4 lux lo que indica que los diferentes

puesto de trabajo están bajo o igual a los niveles mínimos establecidos por la norma, en consecuencia la discapacidad visual más recurrente en los trabajadores fue con un porcentaje de 51 % de presbicia, con un 36,52 % de astigmatismo micóico seguida del 12,48 % de hipermetropía y miopía. Las condiciones físicas existentes en el lugar de trabajo, años de la entidad, edad y descuido por la salud dan como resultado un 12,5% así como ambliopía con astigmatismo hipertrópico [2].

Manolo Córdoba en su investigación muestra una dicotomía entre la calidad de la luz y el confort de los ocupantes. De hecho, aunque las tres cuartas partes de los laboratorios estudiados no alcanzan el nivel lumínico de 500 lux y la uniformidad de 0,7 exigidos por la norma europea UNE 12464.1: Iluminación en la sección de establecimientos educativos, más de la mitad de los ocupantes indican que no hay necesidad de realizar cambio en esta área, estableciendo que los laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato están en las mejores condiciones en cuanto a luminosidad pero siempre requieren de mantenimiento [3].

En la investigación efectuada por Marco Arcos los niveles de reflexión, se ha establecido que la mayoría de los lugares de trabajo se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS2008: condiciones de iluminación en los lugares de trabajo, 28% en el área administrativa y 16% en el área de cosecha se encuentra fuera del rango. Normalizar los niveles de luz, por otro lado, siendo una de las fundamentales ofertas para reducir riesgos visuales, como dolor e hinchazón de parpados, trastornos oculares, fatiga visual dolores de cabeza y efectos en el estado de ánimo. Para mantenerse dentro de los estándares de las normas aplicables, se crea un procedimiento para el mantenimiento frecuente de luces, persianas, ventanas, generando así procedimientos, instructivos, registros, etc. [4].

Finalmente, el trabajo investigativo realizado por Víctor Espín, se determinó que mediante las mediciones realizadas en cada una de las áreas del Camal Municipal de la ciudad de Ambato, la iluminación no es apta, por lo que el 21.4% del total de las secciones estudiadas presentan luminarias dañadas o en mal estado, lo cual obstaculiza el acatamiento de los niveles requeridos por la norma UNE-EN-12464-1, además el acabado de las superficies del medio muestran tipologías de clase brillante,

demostrando que provoca un deslumbramiento fuerte, de la misma manera en el área de trabajo no están posicionados de manera correcta mostrando texturas reflectantes, provocando en la visión de los trabajadores fatiga [5].

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de iluminación en la empresa Ecuatran SA haciendo uso de los lineamientos del RSST y NTP-211 para el confort visual en las jornadas vespertinas y nocturnas.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Reconocer la situación actual de las áreas y planos de trabajo tanto interiores como exteriores de la zona productiva de la empresa Ecuatran SA haciendo uso de herramientas de medición para el análisis y diseño de iluminación óptima y eficiente.
- Evaluar los niveles de iluminación actuales aplicando la normativa UNE-EN 12464-1 y NOM-025-STPS en las áreas de producción de la empresa Ecuatran SA para el cumplimiento de la norma.
- Realizar el diseño de iluminación considerando las exigencias visuales según el ambiente de trabajo evitando deslumbramientos, manteniendo buenas condiciones de contraste evitando intermitencias o efectos estroboscópicos.
- Desarrollar simulaciones del diseño propuesto a fin de conocer el comportamiento de las luminarias.

### **1.4. Justificación**

La iluminación en condiciones óptimas del medio en donde se encuentra el hombre permite su confort visual, para realizar el trabajo de forma más segura y productiva, aumentando la visibilidad de los objetos y el espacio utilizado, la iluminación es un factor relevante para ejecutar labores con mayor eficiencia, seguridad y comodidad, la ausencia de visión aumenta el riesgo de accidentes y la posibilidad de cometer errores, además aumenta la fatiga del trabajador [6].

Ante los riesgos es necesario el diseño lumínico en los puestos de trabajo tomando en cuenta los niveles adecuados para ejecutar actividades inherentes, la cantidad de luz que emiten las luminarias, el color de pisos, paredes y techo, como también el plano de trabajo. Lo importante del color se debe a la capacidad que tienen para ser apreciados los detalles de un objeto con la luz indicada, la iluminación influye significativamente en el daño ocular, los niveles recomendables de iluminación varían entre los 300 a 500 lux, para oficinas oscila desde 150 a 300 lux, una equivocada distribución de iluminación en el área de trabajo provoca deslumbramientos ocasionando fatiga ocular, provocados por el uso erróneo de luminarias, posición incorrecta de mobiliario, colores usados en el medio, a nivel mundial los países han tratado de dictar normativas que regulen la aplicación de un ambiente adecuado e iluminado para el trabajador ejemplo de esto es la expedición de la normativa UNE-EN12464-1 por el gobierno español, en cual se norma la realización de tareas visuales de manera precisa y eficiente mediante luz natural, artificial o la combinación de las mismas, especificando requerimientos de sistemas de iluminación para los lugares de trabajo en interiores[7], así también norma la guía NTP-211[8]; de igual manera México toma medidas referentes en su normativa NOM-025-STPS expedida en el 2008 [4].

En Ecuador dentro del reglamento de seguridad y salud ocupacional con sus siglas RSST se ejecuta un decreto número 2393 con el fin de proporcionar medios para la mejora del ambiente laboral, el cual en su capítulo V: Medio Ambiente y Riesgos Laborales por Factores Físicos, Químicos y Biológicos, establece en los artículos del 56 al 60 las condiciones mínimas de iluminación para los trabajos específicos y similares, normas para iluminación artificial, iluminación de socorro y emergencia, microondas, radiaciones infrarrojas y radiaciones ultravioletas, siendo el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social quien a través del Seguro General de Riesgos del Trabajo aplica la normativa [9].

En la empresa Ecuatran SA se determina un riesgo lumínico mediante la medición de luxes que afecta a los obreros de esta institución, por lo cual este proyecto tiene como finalidad cubrir esta necesidad dando como resultados la disminución eficiente de costos directos e indirectos generados por distintos factores como la ausencia de un

trabajador, disminuir sanciones por incumplimiento de trabajo, atenciones médicas internas e indemnizaciones por la responsabilidad patronal en caso de enfermedades profesionales. El diseño lumínico aporta al cumplimiento de misión, visión y objetivos de la empresa; por tanto, se hace uso del software el cual permite generar un diseño gráfico de la iluminación de un espacio determinado, en este caso de los puestos de trabajo [10].

## **1.5. Fundamentación teórica**

### **1.5.1. Luminosidad en el trabajo**

La luminosidad del entorno industrial permite a las personas trabajar de una manera más segura y productiva en condiciones óptimas de confort visual. Por lo tanto, todos los requisitos de iluminación deben tomarse en cuenta tanto en el diseño como en el servicio de mantenimiento. La iluminación en los lugares de trabajo debe ser natural, cuando esto no sea posible, se debe prever una iluminación mixta o artificial adecuada a la actividad que se desarrolle. En los lugares de trabajo donde el riesgo de accidentes laborales es alto, se debe intensificar la iluminación, cuando se utilice iluminación artificial, se debe evitar un fuerte contraste de luces y sombras. La iluminación debe ser uniforme en todas las áreas de trabajo y evitar el uso de fuentes de luz que produzcan oscilaciones en la emisión del flujo luminoso [11].

Las condiciones de iluminación de una empresa deben cumplir con los estándares de seguridad para las personas y los bienes, en particular los relacionados con los equipos eléctricos, y permitir un uso racional de la energía fomentando la mejor eficiencia energética posible. Se recomienda tener al menos tres criterios para iluminar adecuadamente un espacio: el color de la luz, la cantidad de luz, la eficiencia luminosa y la eficiencia de la luz [6].

### **1.5.2. Iluminación**

Generalmente las personas pasan la mayor parte de su tiempo en el trabajo, es esencial que las condiciones sean las adecuadas. El objetivo principal de la iluminación es mejorar la visualización del área de trabajo así como las maquinarias que se usen

generando confort, seguridad también genera eficiencia y mejores condiciones [12].

En un ambiente adecuado, los resultados repercuten favorablemente en las personas minimizando efectos como la fatiga visual además de minimizar los posibles errores o accidentes. La iluminación debe estar en la parte superior para evitar problemas posteriores como cansancio, fatiga, tensión y dolor de cabeza. La mayoría de la gente piensa que la solución es aumentar el número de focos, pero no es así. Una buena iluminación depende de equilibrar varios factores y hacer un buen uso de la luz natural y artificial. La importancia de una iluminación adecuada en las áreas de trabajo, especialmente en el sector productivo, puede reducir las enfermedades que afectan el sistema de visión, responder a los parámetros de actividad de una persona y mejorar la productividad laboral.

La definición de iluminar se deriva del latín iluminación y es la acción y efecto de alumbrar, iluminar o dar luz a un objeto. También conocido como un conjunto de equipos instalados con el propósito de afectar visualmente la luz en un área determinada. Desde el punto de vista de la seguridad laboral, el INSHT [6] define que el flujo luminoso por cada unidad del área evaluado se llama iluminancia. Cuando una superficie se encuentra iluminada quiere decir que la superficie preside por la emisión de una fuente de luz, siendo la cantidad de iluminación el flujo luminoso”.

La persona promedio confía más en su visión que en sus otros sentidos para protegerse de accidentes en las actividades diarias. Sin embargo, el ojo solo puede enviar impresiones al cerebro que le llegan a través de ondas de luz, y si estas son insuficientes debido a la mala iluminación, el efecto es similar a la ceguera parcial, dando lugar a una serie de accidentes por falta de luz. se justifica por el conocimiento de los principios de iluminación y los medios para implementarlos.

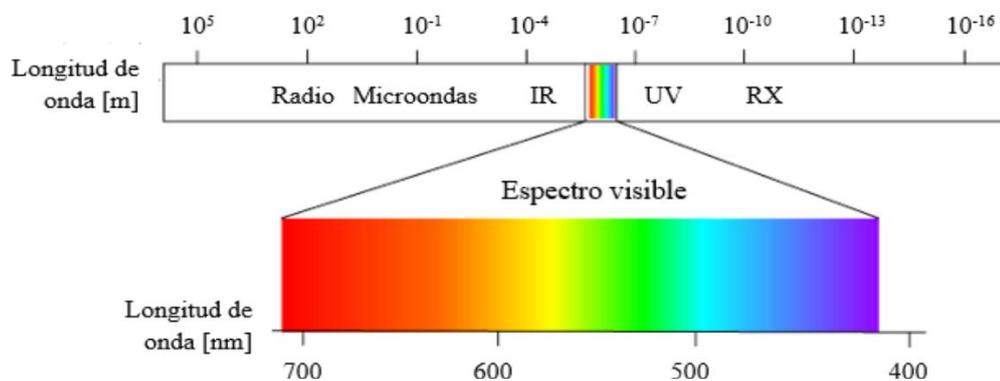
Debe adaptarse a cada tipo de trabajo, ya que una iluminación insuficiente puede provocar accidentes y, por tanto, perjudicar a los trabajadores. Otros daños que puede causar una mala iluminación: cansancio visual, cansancio y pérdida de visión. Como medidas de prevención y seguridad, se usa la luz natural en la medida de lo posible, teniendo iluminación normal, pero otra iluminación focalizada en funciones esenciales y en zonas de riesgo, para evitar contrastes, deslumbramientos, etc. Habrá disposición

[13].

Una correcta iluminación del entorno industrial permite trabajar de forma más segura y productiva en condiciones óptimas de confort visual, ya que aumenta la visibilidad de los objetos y permite un mejor control del espacio utilizado. Por lo tanto, debe ser diseñado en un proyecto técnico y luego mantenido por los servicios de mantenimiento de la empresa. Las definiciones que se debe tener conocimiento respecto a luminotecnia son: característica de la luz, radiación lumínica, leyes de luminosidad, magnitudes de luz, así como las unidades luminosas, los fundamentos sobre colores y los sistemas existentes de iluminación [14].

### 1.5.2.1. Características físicas de la luz

Las señales físicas de luz que llegan científicamente a nuestros ojos no son una serie de colores sino ondas y frecuencias de energía electromagnética. Lo que se visualiza como luz perceptible es solo una pequeña parte de todo el espectro de radiación electromagnética mostrada en la Figura 1 [15].



**Figura 1.** Espectro electromagnético [16].

En la figura 1 se visualiza el espectro de luz la cual se considera una radiación electromagnética que es perceptible por la visión del ser humano, se la describe partiendo de dos modelos que son ondulatorio (onda) y corpuscular (partícula) [16].

De acuerdo con el modelo corpuscular, la luz está compuesta de fotones que son partículas quienes portan las formas de radiación electromagnética. Newton fue quien

con esta teoría propone que cierta cantidad de partículas emitidas por una fuente de luz ingresa al ojo y estimula el sentido de la vista. En cambio, la luz se determina por su longitud de onda, frecuencia e intensidad de acuerdo al modelo de onda [8].

El trayecto entre el vértice de una onda hasta el vértice del siguiente es llamado longitud de onda donde se norma que el color que se muestra es la tonalidad; la cantidad de energía emitida por las ondas luminosas llamada intensidad la misma es determinada por la extensión de altura u onda, influye en la calidad y cuantía del brillo. El número de ondas dentro de un espacio de tiempo es nombrado frecuencia.

### **1.5.3. Magnitudes y unidades luminosas**

A continuación, se presenta las magnitudes de la iluminación, con sus respectivas unidades:

El flujo luminoso [ $\Phi$ ] es la cantidad de luz emitida por una fuente de luz que generalmente se mide en segundos [2].

Dentro del sistema métrico la unidad de lumen (lm) se considera a la cantidad de flujo luminoso existente en un metro cuadrado de superficie de una esfera de 1 m en radio y con una fuente central, emitiendo una candela en varias direcciones, el flujo expresado por esta es 12,57 lúmenes [17].

La intensidad luminosa es medida por la unidad de candela donde en un ángulo sólido dentro de una trayectoria especificada expresa el flujo lumínico; la unidad estereorradián es medida cuando en el espacio tridimensional que se considera como punto en el espacio hasta una superficie se establece el ángulo sólido; el lumen difiere a una candela es la medida del flujo luminoso y la independencia de la dirección [2].

Iluminación o nivel de iluminación [E] es el flujo luminoso por unidad de superficie. Cuando la luz emitida por una fuente incide sobre una superficie se dice que esta se encuentra iluminada. Su unidad es el lux ( $\text{lm}/\text{m}^2$ ) y equivale a nivel de iluminación que produce un lumen distribuido en un metro cuadrado de superficie [11].

El brillo fotométrico, o también llamado luminancia se considera a la superficie en una

dirección determinada, misma que es vista por un observador ubicado en superficie direccionada identificando la relación entre la intensidad y dirección. En la unidad  $\text{cd/m}^2$  se plantean tipos de brillos como: indirecto, considerado también como reflejado, el cual relaciona a los objetos iluminados; y de tipo directo o emitido el cual hace referencia a las fuentes luminosas, se define además al contraste como la diferencia de luz en relación con el entorno y el objeto o partes de este [14].

#### 1.5.4. Radiación luminosa y sus características

Los fotones son partículas que se emiten por fuentes de luz de todas las direcciones existentes, el movimiento de las mismas generan la radiación electromagnética, que puede ser transmitida sea en el vacío, sólidos, líquidos e incluso gases [18]:

Otra característica de la radiación luminosa es la reflexión la cual se manifiesta cuando la luz choca, refleja o rebota sobre una superficie siempre que la frecuencia y la velocidad se mantengan, un ángulo igual se generaría si la superficie fuese lisa en dirección contraria, existen tipos de reflexión como: difusa, especular, difusa mixta dirigida [19].

La reflexión o reflectancia se define como la relación entre la luz reflejada desde la superficie y la luz que incide sobre ella en la Tabla 1 se muestra diferentes porcentajes de reflectancia de acuerdo a la superficie del entorno [19].

**Tabla 1.** Valores de reflectancia [19].

Descripción	Reflectancia (%)
Pisos	[20]
Techo	[80,90]
Paredes	[40,60]
Escritorios	[25,45]

En el caso de superficies coloreadas, la reflectancia puede variar según el color de la luz. La pintura más oscura en las superficies puede reducir la eficacia de la instalación de la luz hasta en un 30 %, consulte las Tabla 2 y Tabla 3 [2].

Cuando la luminosidad cruza por un objeto transparente se la conoce como refracción siendo este mucho menos denso que el ambiente ópticamente hablando, el vidrio teniendo una merma de densidad, optando por una pérdida de impulso y desviándose sin perder su frecuencia [8].

El índice de refracción se entiende a la desviación de una fuente de luz que pasa atreves de un compuesto a otro, tomando en cuenta que tienen una relación muy distinta entre velocidades [2].

**Tabla 2.** Porcentaje de reflexión en diversos colores [20]

Color	(%)	Color	(%)
Negro	4	Verde claro	50
Gris	10	Papel blanco	82
Paredes	15	Marfil	79
Escritorios	17	Azul pálido	58
Gris plata	37	Crema claro	76
Azul cielo	40	Yeso blanco	79
Rosa salmón	44	Amarillo pálido	64
Cemento	45	Ladrillo claro	62

**Tabla 3.** Porcentaje de reflexión en diversos colores [8].

Superficie reflectora	% luz reflejada
Carbonato de magnesio	[97, 98]
Espejos	[80,90]
Plata vaporizada	[90, 95]
Aluminio vaporizado	[85, 92]
Aluminio alzak (especular)	[75, 85]
Aluminio pulido	[60, 70]
Cromo pulido	[60, 65]
Pasta blanca	[85, 92]
Pintura blanca (mate)	[75, 90]
Porcelana esmaltada	[60, 90]
Pintura de aluminio	[60, 70]
Pintura negra	[3, 5]

Transmisión es un destello de luz cruzan por masas de tipo translucidos o transparentes, siendo de alguna manera transmitidos. La transmisión tiene como objeto traspasar un destello de luz por un material y la luz que merme en este, la propagación y el grado de la luz está vinculado con el material y su densidad. Tomando en cuenta el vidrio como una transición normalizada o regular ya que este es transparente el sentido de la luz no se altera [12].

La descomposición lumínica de tipo blanca en una muestra de dispersión de radiación en una gama de colores. En el espectro existe una desintegración o destello lumínico [21].

#### **1.5.5. Leyes de la luminotecnia**

Dicta la ley que la iluminación será inversamente proporcional, elevado al cuadrado de la longitud que separa la superficie afectada y la fuente de luz.

La dirección del destello de luz incidente forma parte de la ley del coseno, el ángulo donde incide y este es perpendicular a espacio afectado siendo el coseno del ángulo  $x$  proporcional [6].

#### **1.5.6. Sistemas de iluminación**

Para la clasificación de los sistemas de iluminación se considera los siguientes aspectos:

- Distribución de la luz.
- Direccionalidad del flujo luminoso.
- Características de las luminarias utilizadas.

#### **Características de fuentes de luz utilizadas según sus características tenemos:**

Un objeto capaz de producir el fenómeno de crear luminosidad puede ser:

- Iluminación de tipo artificial
- Iluminación de tipo natural

### 1.5.7. Iluminación natural

Esta es aprovechada directamente de la fuente solar. Morejón comparte que[3], desde una visión fisiológica como también económica la luminosidad natural es la mejor en frente a la luminosidad artificial. Sin embargo, teniendo poca confiabilidad, que depende del clima, la hora del día y la estación. Su valor depende de la superficie acristalada, tomando como referencia el porcentaje de reflexión en los distintos estados naturales del medio mostrado en la Tabla 4.

La luz del día se controla mediante un óptimo diseño y una buena distribución de la zona de trabajo de esa forma se garantiza una adecuada luminosidad en las diferentes áreas que requieren los trabajadores de esa manera se mitiga riesgos tales como; altas temperaturas a causa del acristalamiento, la contaminación visual o deslumbramiento, etc. La Iluminación solar se identifica por [20]:

- Probabilidades de que el día este soleado en el año
- Se considera la temperatura y su color del sol horizontal alcanza 3000 °K y 5800 °K los rayos solares están perpendiculares a la superficie.
- Constantes cambios de dirección.

**Tabla 4.** Porcentaje de reflexión en diversos colores [5].

Luminancias		Iluminancias	
Sol	150 000 cd/cm <sup>2</sup>	Cielo despejado, mediodía de verano al aire libre.	100 000 lux
Cielo vivo (despejado)	0,3 a 0,5 cd/cm <sup>2</sup>	Cielo cubierto, Mediodía de verano al aire libre.	20 000 lux
Cielo tapado	0,03 a 0,1 cd/cm <sup>2</sup>	Noches de luna llena	0,25 lux
Luna	0,25 cd/cm <sup>2</sup>	Noches de luna nueva	0,01 lux

### 1.5.8. Iluminación artificial

Considerado una unión de elementos físicos a la iluminación de tipo artificial esta permite una condición de emisiones de destellos lumínicos en un determinado espacio. La dificultad que presenta la iluminación esta vinculada netamente a la necesidad de luz en una área determinada, la ubicación, el tipo de acción o actividad realizada, los

trabajadores, como también los valores tanto técnicos como económicos. Los sistemas de tipo artificial se componen de lo siguiente: infraestructura eléctrica, focos o lámparas, infraestructura metálica y sistemas de control y regulación [6].

#### **1.5.9. Clasificación de los sistemas lumínicos según la direccionalidad del flujo luminoso**

Si se considera el flujo que emana del sistema de iluminación, su direccionalidad y la forma en que incide sobre el lugar de trabajo se obtendrá : sistemas directos, indirectos y mixtos.

- **Sistema directo**, el flujo luminoso que emana de la luminaria incide directamente sobre la superficie de trabajo, por lo que toda la luz se destina para ilustrar la luminosidad sobre un objeto. Las partes fundamentales son [20]:
  - De fácil acceso tiene una fuerza de iluminación alta.
  - Economía eficiente, debido a que no existen pérdidas de energía en la superficie de trabajo.
- **Sistemas indirectos**, sobre un objeto o superficie determinado el flujo luminoso actúa como un receptor, mientras que se refracta la luminosidad en sentido a la superficie de trabajo. La iluminación indirecta del techo, tanto periférica como central, es común. Las principales características de la luz son [11]:
  - Minimiza directamente el deslumbramiento, se debe tener en cuenta el contraste de luz en el lugar superficial tanto reflectoras como no reflectoras.
  - Un cromado en la fuente de luz está vinculada netamente con el tono de matices de las áreas superficiales reflectoras.
  - Los costos directos no son tal exorbitantes debido a la necesidad de rangos de iluminación altos.
- **Sistemas mixtos** de luz llega al plano de trabajo simultáneamente de manera directa e indirecta. Comparten fundamentales virtudes y conflictos lumínicos de los dos tipos de sistemas.

### **1.5.10. Clasificación de los sistemas lumínicos según la distribución del flujo luminoso.**

Si la iluminación producto de una fuente de luminosidad recae en un área superficial indica valores máximos, medios y mínimos. La recopilación de estos datos indica la uniformidad lumínica del sitio estudiado y estos sistemas acordes pueden ser: mixtos, localizados o uniformes.

Considerando a los sistemas puntuales o más conocidos como sistemas de inundación, se hacen uso de estos en áreas de trabajo en las cuales su ubicación es conocida, de esa forma garantiza un grado ideal de iluminación a cada estación de trabajo.

La iluminación de tareas da como resultado un nivel muy bajo de uniformidad, lo que puede hacer que algunas áreas parezcan más oscuras que otras. Tomando en cuenta que para la mitigación, se indica hacer uso de luminarias con el detalle que dejan parte del flujo de luz en el techo como también en la parte superior de paredes del área de trabajo. La iluminación que se refleja se esparce lo necesario como para que las sombras sean suavizadas. Las lámparas estarán distribuidas de tal forma que en la mayor parte de la superficie en donde se trabaje tenga luz perpendicular, sus características son [12]:

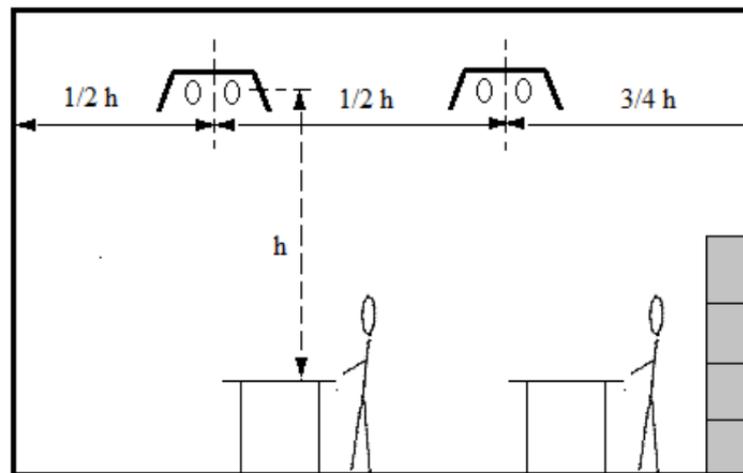
- El diseño de modelado de objetos o figuras tiene más precisión.
- Considerablemente tienen una variación de nivel de iluminación el espacio de trabajo.
- Dentro del campo visual es elevado el contraste de luz el cual desencadena deslumbramientos tanto por reflexión o por contraste de luz

A la difusión se la conoce como el sistema generalizado o uniforme, al no tener definidas en estas ubicaciones los espacios de trabajo a razón de que las instalaciones como salas de control u oficinas podrían ocasionar problemas referente a reflejos por el uso de pantallas de computadores, las características de este son las siguientes[5]:

- El nivel de iluminación es igualitario para todo el plano de trabajo.
- Entre puestos de trabajo existe amplia movilidad.

- La existencia de contraste cromático puede causar el deslumbramiento por reflexiones.

Sobre el piso de trabajo que se muestra a continuación en la figura 2, la proporción de la altura de una fuente debe ser consistente con las distancias entre las luminarias.



**Figura 2.** Relación altura-separación de las luminarias [5].

### Sistemas mixtos

En ocasiones la iluminación uniforme con la localizada suelen combinarse con frecuencia a razón de la complejidad de actividades, usos y el desarrollo en los puestos de trabajo.

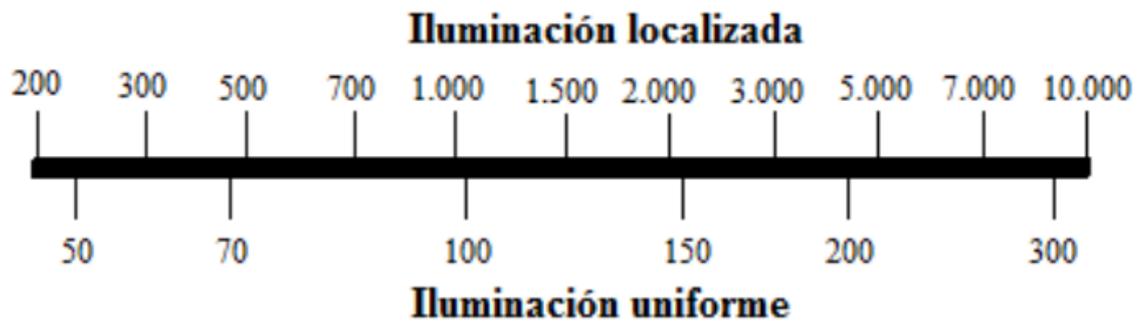
Con el constante avance tecnológico en innovación y control se observa una increíble variedad de ambientes iluminados así mismo tomado desde un marco similar, para evitar la existencia de un alto contraste entre la periferia y los puestos de trabajo la relación siguiente de la figura 3 debe ser cumplida en la iluminación.

$$E_u > 3\sqrt{E_t} \quad (1)$$

Descripción:

$E_t$ : Iluminación localizada

$E_u$  : Iluminación uniforme



**Figura 3.** Iluminación uniforme vs Relación iluminación localizada

### 1.5.11. Las luminarias

Según la EN 60598-1:2008 describe a las luminarias como aparatos que filtra, reparte, o a su vez transforma la iluminación emitida por luminarias, exceptuando las luminarias en sí mismas, el circuito de ayuda al igual que la forma de organización para disponer de suministros de alimentación eléctrica son puntos importantes para tener luminarias adecuadas y salvaguardarlas.

Los elementos de las luminarias son: carcasa o estructura, protecciones ópticas, mecanismo de orientación, correctores o difusores, y fijación, modo de conexión eléctrica y electrónica.

### 1.5.12. Lámparas y sus características luminotécnicas

**Rendimiento óptico  $\eta_{LB}$ .**- considerado como el cociente entre el  $\Phi I$  flujo de las lámparas instaladas y  $\Phi L$  el flujo real que sale del proyector. Los productores distribuyen generalmente diferente información especializada de luminarias en revistas de la empresa. Esta información incluye: resultado y punto de proyección, tipo de luz, distancia de la luz, punto de proyección aparente, transición aparente, fuerza en rumbo  $0^\circ$ . Un círculo con una cruz implica que tiene su funcionamiento en diferentes posiciones.

**Depreciación luminosa  $CL$ .**- se refiere al coeficiente según el tipo de luminaria a su pérdida luminosa, estas son cualidades implícitas de los difusores y reflectores además del ambiente donde se instalan, esto se visualiza en la tabla 5.

**Tabla 5.** Porcentaje de reflexión en diversos colores [16]

<b>Tipo de luminaria</b>	<b>Ambientes sucios</b> (polvo, grasa, o con limpieza precaria)	<b>Ambientes limpios</b> (o con limpieza esmerada)
Herméticas	0,85	0,95
Cerradas y con filtro	0,80	0,90
Abiertas y ventiladas	0,70	0,75
Abiertas normales	0,60	0,75

**Factor de mantenimiento, Fm.-** Se refiere a las condiciones de mantenimiento que se den a las instalaciones de alumbrado, estas son de vital importancia en el resultado final de los sistemas de iluminación, como es lógico los componentes tendran un deterioro al paso del tiempo.

Las luminarias presentan mermas en el flujo luminoso por el tiempo, envejecimiento, integración de polvo, por la temperatura misma. Las pantallas difusoras y louvers pierden eficiencia. Tanto paredes como techos tienden a ensuciarse y disminuyendo la capacidad de reflejar.

Sociedad IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) considera ocho componentes para poder decidir un factor de soporte, cuatro de los culés no se controlan fácilmente por marcos de mantenimiento, cuatro si son controlables.

Los que no se pueden controlar son: la alteración de la tensión, la temperatura del medio, la disminución de la superficie del aparato de iluminación y el factor de reactancia. Los controlables son: la desvalorización de superficies de los locales por causa de mugre, dando un deterioro por una transición brillante de luz, el intercambio de lámparas y depreciación del aparato de iluminación por mugre [17].

Tomando en cuenta el factor de mantenimiento de 1 en circunstancias ideales y bajo a 1 suponiendo que las circunstancias laborables sean bajas. Para habitaciones limpias y mantenidas considerablemente se asume un valor de 0,8. El valor se hace uso para una estimación del flujo luminoso completo, sobredimensionando el establecimiento de esa forma garantiza que las perdidas no provoquen que los niveles de la iluminación sea el inadecuado.

## Coeficiente de depreciación de la lámpara CI

En función del mantenimiento de los suministros lumínicos y el tiempo de uso se da la depreciación, se estima que la limpieza después de cada 3000 horas evita la pérdida de luz, esto se evidencia en la figura 4.

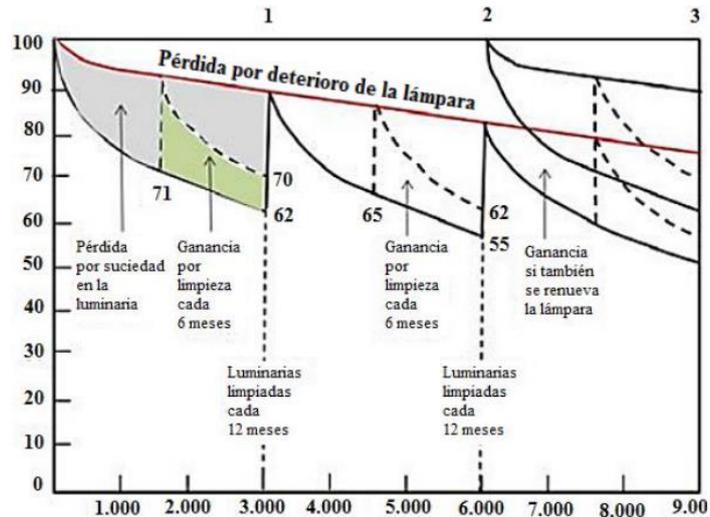


Figura 4. Pérdidas por deterioro de la lámpara.

## Coeficiente de iluminación, Cu

Se refiere al posible comportamiento de una lámpara dentro de un determinado lugar, este valor está en razón con el índice de local, el color superficial de paredes y la textura.

## Índice específico de luminancia.

Las luminarias tienen un valor para la inspección de deslumbramiento, independiente de la posición y altura de montaje. La CIE establece los niveles de deslumbramiento en: limitado, moderado e intenso, en cambio la convención europea establece valores de calidad en letras: A, B, C, D, E, y S que se refiere a sin posible deslumbramiento.

### 1.5.13. Medición de iluminación (luxometría)

La CIE, Comisión Internacional de Iluminación es una organización que se dedica al intercambio y cooperación de información sobre iluminación. Los estándares son producidos por CIE y publicados por ISO. El luxómetro es una herramienta de

medición que tiene sensores semiconductores que transforman la luz absorbida en corriente eléctrica. Para garantizar la precisión de la medición, el luxómetro de fotocélula debe contar con corrección de color y coseno, se debe de tomar en cuenta el tipo de superficie reflectora y su porcentaje de reflectancia para que no afecte la medición tomando algunos ejemplos de algunas superficies en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Rango de superficies reflectoras [16]

<b>Superficie reflectora</b>	<b>% luz reflejada</b>
Carbonato de magnesio	[97, 98]
Espejos	[80,90]
Plata vaporizada	[90, 95]
Aluminio vaporizado	[85, 92]

**Para mejor precisión en las mediciones se recomienda:**

- En establecimientos con luces fluorescentes, se debe permanecer un tiempo establecido (unos 15 minutos) al punto que estas alcancen una temperatura adecuada antes de continuar con las estimaciones.
- Asegurarse que los datos estén en cero cuando el detector esté totalmente cubierto.
- Eludir sitios oscuros causados por el evaluador, que den resultados erróneos.
- Se ha de confirmar que el medidor de lux tenga un certificado de calibración actualizado.
- Mantener el sensor en paralelo al objeto medido.
- Posicionar el medidor con la mira hacia arriba para que la estimación de iluminación plana. Colocar a 0,85 metros del piso el detector para realizar medidas de rutina, y a 0,20 metros para estimaciones en lugares transitorios.
- Comprobar el estado de la batería del instrumento

**Cantidad de puntos de medición**

Para determinar el nivel de iluminación media ( $E_p$ ) dentro de una habitación, se obtiene dividiendo el área en varios espacios equivalentes siendo lo más exacto posible tomando como ayuda una cuadrícula. Como siguiente punto se debe medir el nivel de

iluminación en cada centro de cada cuadro ( $E_i$ ), y se hace un promedio de los resultados con el número de medidas realizadas ( $n$ ).

$$E_p = \frac{\sum E_i}{n} \quad (2)$$

El índice de local (Room Index, RI) o número mínimo de puntos de medición se los calcula así:

$$RI = \frac{L.W}{(L+W).H_m} \quad (3)$$

Donde:            W: ancho.      L: longitud.

$H_m$ : es la altura de montaje de cada luminaria perpendicular al área de trabajo.

En caso de tener desconocimiento del nivel del área de trabajo, se considera 0,85 m para cada estación de trabajo y 0,72 metros para mesas existentes, en caso de que el trabajo se realiza sobre el suelo, se deberá tomar el mismo como plano de referencia de trabajo.

El número mínimo de puntos de medición se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Número mínimo de puntos de medición} = (x + 2)^2 \quad (4)$$

Donde tenemos que  $x$  corresponde al índice de local redondeado al superior, aunque para todas las cuentas de RI mayores o iguales a tres, el valor de  $x$  será 4. Con la ecuación se puede hallar el número mínimo de puntos en la medición, pero las condiciones requieren el uso de un número de puntos superior a este mínimo.

En un entorno presente y área de trabajo al analizar la iluminación, es necesario tomar en cuenta el remplazo de la luminancia como también la uniformidad de la que no debe de ser menor a 0,8 plasmado en la Tabla 6. Considerando al grado de uniformidad en la conexión eléctrica de una superficie se verifica de la siguiente manera:

$$\text{Uniformidad} = \frac{E_{min}}{E_p} \quad (5)$$

## CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Para respaldar el desarrollo de la investigación es adecuado realizar la definición de los materiales y métodos.

### 2.1. Materiales

Los recursos materiales empleados en el diseño del sistema de iluminación en la empresa Ecuatran SA son enlistados a continuación en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Recursos materiales empleados

<b>Designación</b>	<b>Detalle</b>
Computadora	Dispositivo empleado para la utilización de los diferentes softwares de diseño, software de comportamiento de luminarias, paquetería Office.
Material de oficina	Elementos donde se pueda escribir, tomar apuntes y/o imprimir: cuadernos, hojas, agenda, calendario, etc.
Software CAD	Utilización del software AutoCAD que permita, dibujar, visualiza, realizar planos de la distribución de la luminaria (layout).
Software SPSS	Aplicación de computadora empleada para procesar y analizar datos estadísticos, por medio de una encuesta a los trabajadores de la empresa Ecuatran SA
Luxómetro	Instrumento digital debidamente calibrado utilizado en la toma de medidas que cuantifica los niveles de intensidad del espectro lumínico desplegado en un área. La unidad de medición es el Lux.
Software del comportamiento de las luminarias.	Aplicativo gratuito diseñado para la creación de proyectos de iluminación. Permite documentar los resultados de un luxómetro, realiza cálculos energéticos de un sistema de luminosidad para asegurar el cumplimiento de normativas vigentes nacionales o internacionales.

**Tabla 7.** Recursos materiales empleados (cont.)

<b>Designación</b>	<b>Detalle</b>
Normativas NOM-025-STPS- 2008 NTP 211 UNE-EN 12464-1	Normas establecidas vigentes para la especificación de requisitos para el correcto diseño de sistemas de iluminación en las diferentes áreas de trabajo para que exista un confort visual.

## **2.2. Métodos**

### **2.2.1. Enfoque**

El estudio presente se concentra en un campo cuantitativo, el cual trata de generalizar los resultados obtenidos. Para lo cual es necesario el apoyo de un sistema estadístico de muestreo, estos datos deben ser cuantitativamente representativos para una población amplia. Hernández Sampieri interpreta que, un estudio de carácter cuantitativo nace de teorías con aceptación científica en el cual da forma una suposición de varias relaciones entre variables que forman parte de la problemática a estudiar [22]. Seguido del proceso de acopio de los datos informativos en base a la información empírica siendo esta medible, subdivididos de la información teórica con las que son parte de conjeturas conceptuales. Culminando con el análisis de los valores obtenidos, la exposición de resultados analizando el valor de mayor importancia en las diferentes relaciones de datos estipulados.

### **2.2.2. Modalidad de la investigación**

En la primera parte se aplica una investigación bibliográfica, para recabar el conocimiento de investigaciones ya existentes que sirva como punto de partida y sustento científico. Las fuentes consultadas son de alta credibilidad, se acude a revistas indexadas, libros, normativa, legislación e investigaciones de instituciones de renombre. La investigación aporta información de interés, como también hechos reales referente a la iluminación en las cuales se desenvuelven procesos de producción en la empresa Ecuatran SA.

### **2.2.3. Nivel o tipo de investigación**

El presente estudio es transversal de corte, se tratará de medir el grado de seguridad del trabajo desde la parte de luminosidad siguiendo las respectivas normas establecidas en los objetivos. En el desarrollo del proyecto se aplicaron los siguientes tipos de investigación.

#### **2.2.3.1. Investigación Bibliográfica**

Empleada en el desarrollo del presente trabajo debido a que permite recabar información estrechamente relacionada con el estudio realizado a través de la revisión de fuentes bibliográficas confiables como los son artículos científicos, artículos de revistas, trabajos de grado, libros y sitios web.

Se utiliza en el desarrollo de estudios actuales porque permite recopilar información relacionada con el trabajo realizado mediante la revisión en referencias bibliográficas confiables como artículos de prensa, artículos de revistas, trabajos investigativos de tercero y cuarto nivel, sitios web y libros.

#### **2.2.3.2. Investigación Exploratoria**

La investigación exploratoria es considerada como una primera aproximación científica al problema de estudio, en este caso se utilizará este tipo de investigación al analizar y recopilar datos por medio de una encuesta referentes a aspectos de seguridad ocupacional en cuanto a la luminosidad de la empresa Ecuatran SA que aún no han sido analizados a profundidad.

#### **2.2.3.3. Investigación Explicativa**

Se caracteriza por una relación de causa y efecto, es decir que busca no solo describir o resolver un problema, sino también averiguar las causas del mismo. En el presente trabajo se utilizará este tipo de investigación con el fin de determinar las causas y consecuencias de una deficiente iluminación en el área de producción de la empresa Ecuatran SA.

#### **2.2.3.4. Investigación Descriptiva**

Se efectúa cuando se desea describir en todos los componentes principales que intervengan en un sistema de iluminación, así entonces el trabajo que se va a realizar consiste en un diseño de luminaria, por lo cual, es preciso describir las diferentes áreas de trabajo donde se implementará las diferentes lámparas artificiales.

#### **2.2.4. Plan de recolección de información**

##### **2.2.4.1. Documental**

Esta investigación se realiza a través de la búsqueda en referentes bibliográficas de varios sitios de información disponibles como trabajos académicos, artículos, revistas, libros, normativas vigentes, reglamentos etc. La información recopilada permite desarrollar adecuadamente la metodología a utilizar para la elaboración técnica del proyecto.

##### **2.2.4.2. Observación**

La observación es fundamental en la recolección de datos utilizados para identificar el estado actual de la luminaria y los niveles de iluminación mediante un contacto directo con los mismos, así también permite recabar información técnica y de funcionamiento del luxómetro.

#### **2.2.5. Población y muestreo**

Tomando como referencia una muestra menor a cien personas se debe analizar a cada sujeto. Lo que causa que este estudio se realiza en su totalidad al personal del área productiva de la empresa Ecuatran SA. El estudio hace parte del área de salud ocupacional y su seguridad incluidos a los obreros que practiquen cambios de 3 jornadas laborales de 6am a 2pm, de (2 a 10) pm y (10 a 6) am, y solo se considerará al personal que haya permanecido un año en la empresa, se hace uso de la encuesta para poder valorar el confort visual de cada área productiva dentro de la empresa en donde se pretende estudiar el nivel de iluminación.

### **2.2.6. Procesamiento y Análisis**

- Aplicación del instrumento establecido por la empresa Ecuatran SA con el objetivo de determinar si la inadecuada iluminación afecta a la seguridad laboral de los trabajadores del área de producción Anexo 1.
- Tabular y analizar los datos por medio del software estadístico SPSS.
- Identificación del estado actual de las luminarias y su distribución por medio de una ficha técnica Anexo 2.
- Diseñar el sistema de luminarias de acuerdo con las normativas establecidas según los datos recopilados.

## **CAPÍTULO III**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

#### **3.1. La empresa**

Ecuatran SA fue constituida en el país el 16 de agosto de 1979, gracias al apoyo de dos socios extranjeros los cuales le brindaron la tecnología necesaria para luego fortalecerse mediante el incremento de accionistas nacionales, actualmente la empresa cuenta con 382 accionistas y un socio extranjero EB NATIONAL INDUSTRY.

La empresa es líder en la fabricación de transformadores de energía eléctrica, servicios integrados de energía eléctrica, servicios integrados de reparación, mantenimiento de transformadores, diseño, construcción e implementación de proyectos electromecánicos especiales, las diferentes naves de producción conforman un área de 3.600 m<sup>2</sup>. Allí, mensualmente se empacan para la distribución unos 800 transformadores monofásicos (usados principalmente para los tendidos eléctricos en zonas residenciales) y más de 120 transformadores trifásicos, que mantienen el consumo de las fábricas en lugares industriales.

La compañía se encuentra ubicada en la parroquia Santa Rosa Av. Venezuela, debido a lo mencionado con anterioridad el área de producción es el corazón de la empresa donde se cumple el trabajo de fabricación y ensamble de transformadores se realiza durante las 24 horas continuas, por lo que la nave de producción debe contar con un excelente sistema de iluminación para poder desarrollar el trabajo con eficiencia.

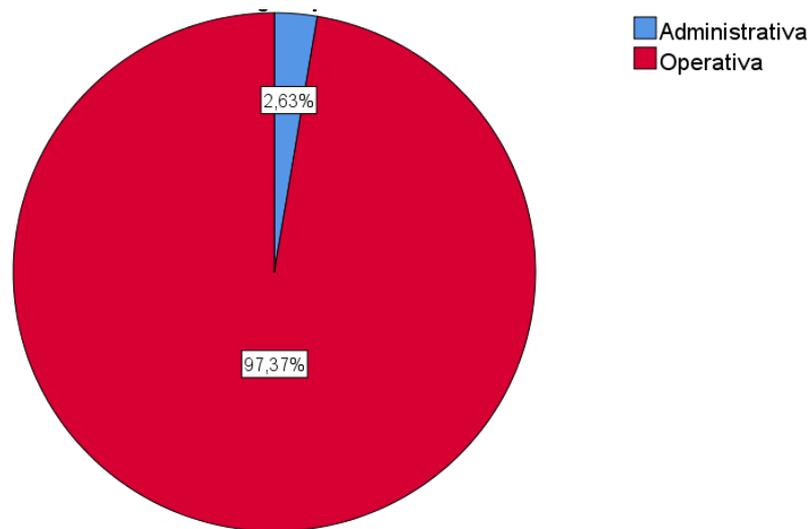
#### **3.2. Identificación del riesgo**

##### **3.2.1. Encuesta de iluminación**

A continuación, se detallan los resultados de la evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo en la empresa Ecuatran SA.

1.- ¿En qué área labora Usted?

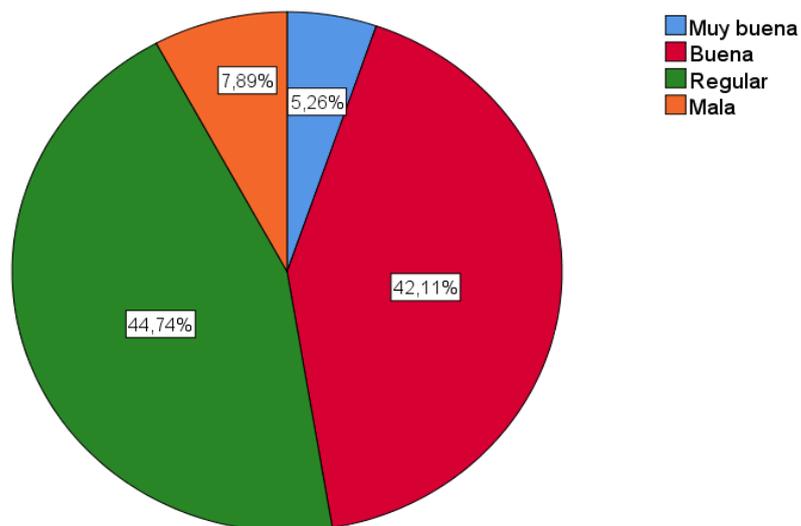
En la encuesta realizada a la empresa Ecuatran SA se segmentó en dos grupos la administrativa y la parte operativa siendo la de mayor relevancia, ya que en este segmento se encuentra los diferentes trabajadores distribuidos en el área de producción; por ende, son los que tienen mayor riesgo de tener un accidente o sufrir alguna enfermedad ocupacional, mostrada en el gráfico 1.



**Gráfico 1.** Segmentación del área de producción

2.- En el área en la que usted trabaja, indique cual es el nivel de iluminación que se percibe:

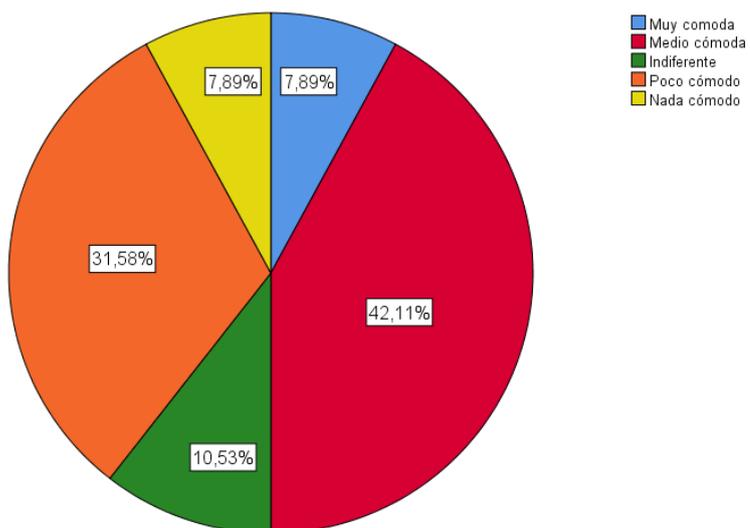
En la encuesta realizada al personal de producción de la empresa se pudo determinar que la mayoría considera que la iluminación en su puesto de trabajo es regular y mala, se puede decir que la luz tiende a ser incomoda o molesta a causa de una mala distribución de las lámparas ubicadas en la parte superior del trabajador como también la escases de mantenimiento en las mismas, otros trabajadores se mantienen con la postura mínima de ser muy buena y buena lo que indica que depende del área de trabajo donde se encuentren, detallada en la Gráfico 2.



**Gráfico 2.** Percepción de la iluminación

3.- ¿Cuán cómodo usted se siente con la iluminación en su puesto de trabajo?

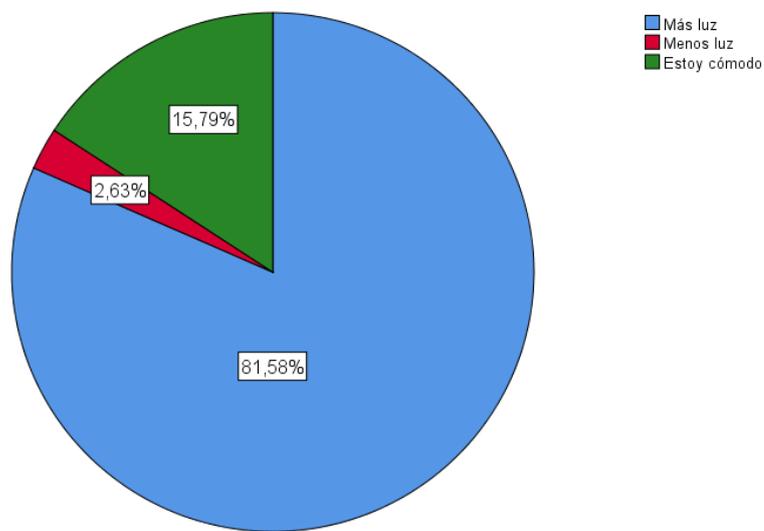
De las personas que se sienten cómodas con los niveles lumínicos no son más del 7,89%, la población de estudio exactamente un 42,11% de los encuestados menciona no tener una comodidad ante la iluminación que tiene cada puesto de trabajo a este nivel bajo de conformidad se suma las personas que respondieron tener una comodidad media, es decir un 31,58% sumado es un valor de más el 70% de los encuestados que indica esta problemática; estos datos se visualizan en el gráfico 3.



**Gráfico 3.** Comodidad en el puesto de trabajo

4.- Si usted pudiera regular la iluminación de su puesto de trabajo para desarrollar sus actividades de mejor manera, preferiría tener: mas luz, menos luz, está cómodo.

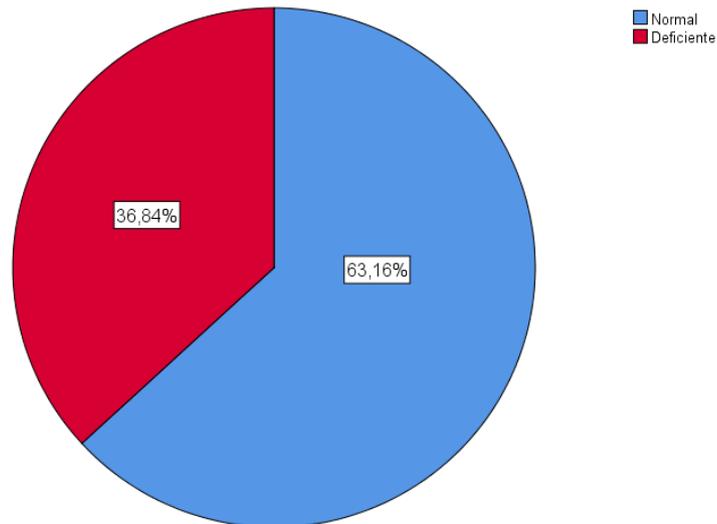
En la pregunta cuatro la mayoría de los trabajadores de la empresa consideraron que se debe aumentar los niveles de iluminación, debido a que las actividades de producción de un transformador especialmente en el área de ensamble, pintura y soldadura requieren de mayor albor para estar más cómodos esto se refleja en el 81,58% de la pregunta. Un porcentaje pequeño consideran que no debe realizarse cambios en la iluminación para ejecutar sus actividades ya que se sienten cómodos, detallada en el gráfico 4.



**Gráfico 4.** Regulación de iluminación

5.- ¿Cómo calificaría usted la iluminación existente en su lugar de trabajo?

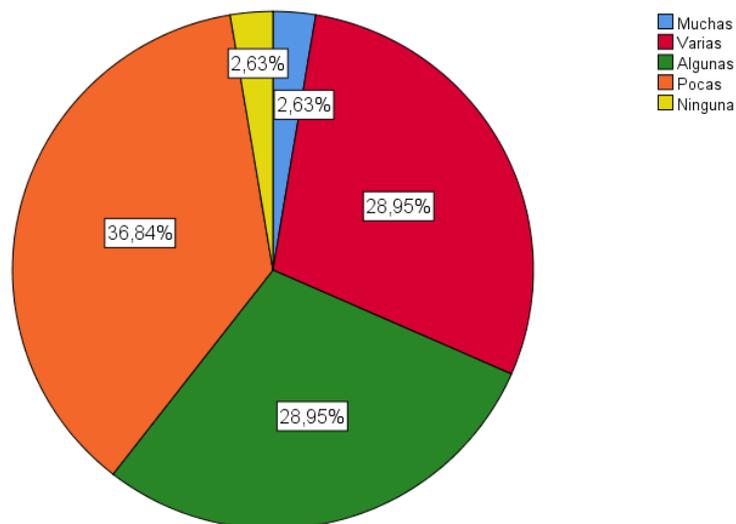
Con respecto a la pregunta 5 los encuestados califican la iluminación existente en su lugar de trabajo como normal y algunos como deficiente, por ello estos dos parámetros se deben elevar y llegar a un estándar alto donde las condiciones de luminosidad sean óptimas para el bienestar y el progreso de los operarios, mostrada en el gráfico 5.



**Gráfico 5.** Calificación de iluminación

6.- ¿En cuantas ocasiones usted ha experimentado en su trabajo inconvenientes causados por deslumbramiento (cuando en el área visual se presenta una fuente luminosa de brillantez mayor a la iluminación normal) o reflejo (función del sistema nervioso que protege de cambios bruscos de la intensidad de luz)?

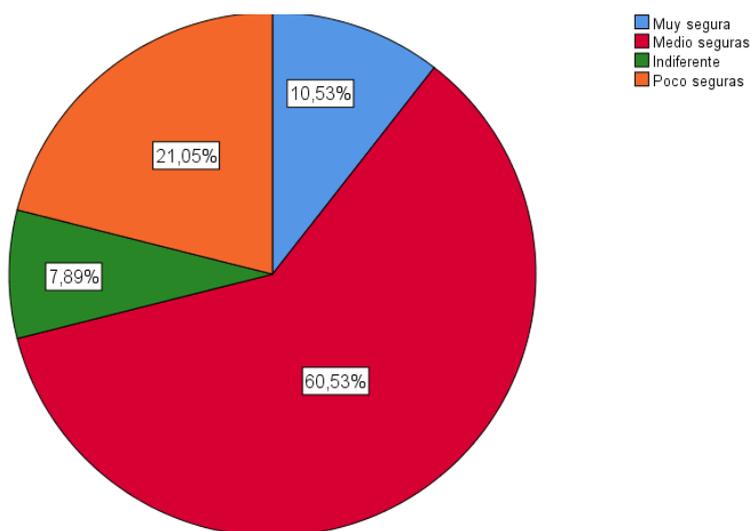
Según la encuesta realizada se puede observar y tener como dato que en los puestos de trabajo solo un 2.63%, un porcentaje relativamente bajo, no ha experimentado inconvenientes, lo que resalta en grandes porcentajes es la frecuencia reiterada de inconvenientes suscitados en el área de producción que va de muchas (2.63%), varias (28.95%) y algunas (25.95%), es decir que más de la mitad de encuestados, en consecuencia, se puede llegar a la conclusión que, si existe en gran porcentaje deslumbramiento en los puestos de trabajo y por ello se debe tomar en cuenta soluciones como cambios de luminaria y su distribución con el fin de evitar este problema, ilustrada en el Gráfico 6.



**Gráfico 6.** Deslumbramiento.

7.- ¿Cuán seguras considera usted las normas de seguridad laboral que Ecuatran SA le brinda?

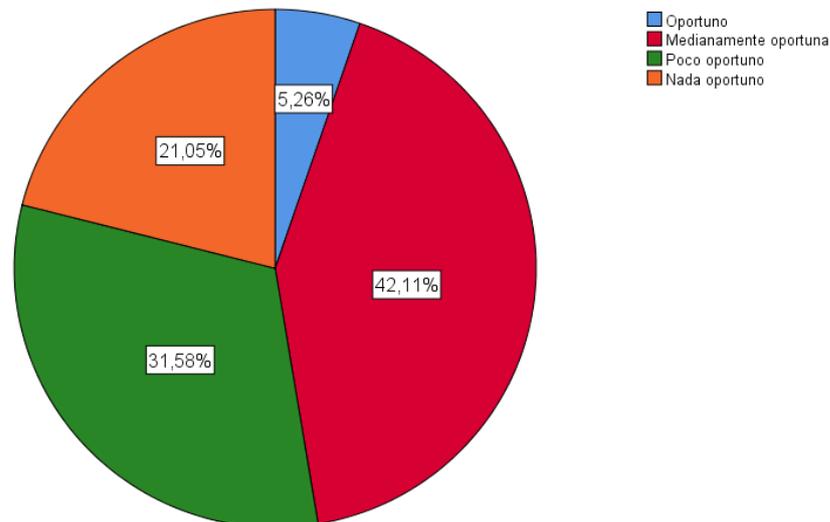
Según las respuestas en la pregunta realizada sobre si las personas consideran seguras las normas de seguridad lumínica laboral en Ecuatran SA los trabajadores sienten que las normas son medio seguras es decir no tienen plena seguridad en el lugar de trabajo. Se llega a la conclusión que las normas de seguridad son catalogadas en su mayoría como medio seguras, ya que no hay garantía de una seguridad plena, representada en el Gráfico 7.



**Gráfico 7.** Normas de seguridad por parte de la empresa

8.- ¿Cuán oportuno es el remplazo de los elementos lumínicos como lámparas, focos y similares de su puesto de trabajo antes de que fallen o termine su vida útil ?

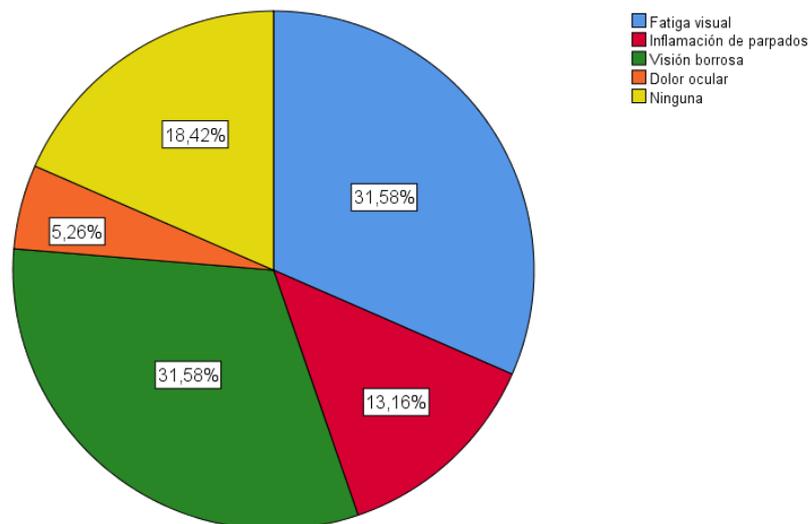
Gran parte del personal considera que es medianamente oportuno el remplazo de los elementos lumínicos como lámparas, focos y similares de su puesto de trabajo antes de que fallen o termine su vida útil. Se concluye que no se da mucha importancia ante el remplazo de elementos lumínicos antes del fallo y que se tiene otras prioridades en beneficio de la empresa, sin embargo, la magnitud que tiene a largo plazo en la salud una mala iluminación es preocupante para el área de salud ocupacional, plasmada en el gráfico 8.



**Gráfico 8.** Remplazo de los elementos lumínicos

9.- Padece usted alguno de estos problemas visuales: fatiga visual, inflamación de párpados, visión borrosa, dolor ocular, ninguna.

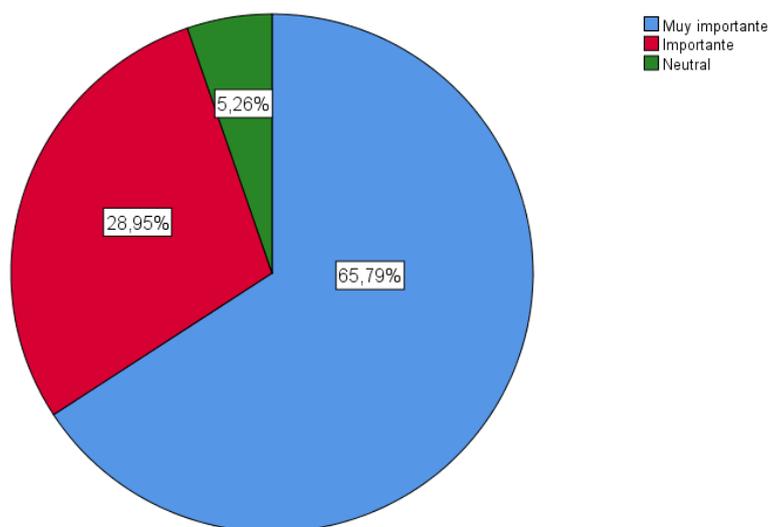
Los resultados a esta pregunta demuestran que un porcentaje de la población de estudio sufren de una visión opaca como también fatiga ocular, se incluye una observación que cuando culminan su horario de trabajo finalizan con inflamación de parpados, la vista cansada y dolor en los ojos. Otra sintomatología de fatiga visual recurrente es la pesadez en los párpados, tal como se indica en el gráfico 9.



**Gráfico 9.** Problemas visuales

10.- ¿Cuán importante cree usted que es la evolución correctiva de los niveles de iluminación en su puesto de trabajo?

Más de la mitad de las personas encuestadas consideran que es muy importante la revisión de los niveles adecuados de iluminación en el puesto de trabajo. Se llega a la conclusión que la mayoría de los encuestados considera muy importante los niveles de iluminación a la que se exponen en su trabajo, sea porque puede causar molestias, enfermedades o incomodidad, ilustrado en el gráfico 10.



**Gráfico 10.** Evolución correctiva

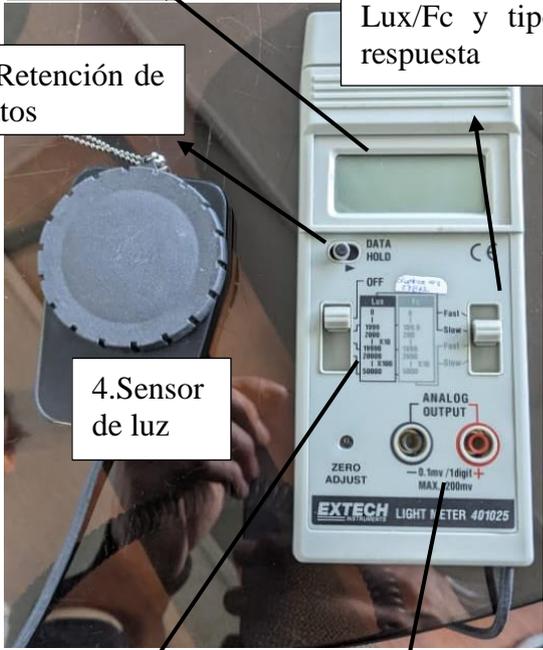
## Resultados de medición por puesto de trabajo

### 3.2.2. Equipo de medición especializado usado en el trabajo

#### Luxómetro

El dispositivo consiste en una celda fotoeléctrica típicamente compuesta por capas de selenio y una capa semitransparente de plata que sirve como electrodo, que a su vez está conectado a un circuito electrónico, detallado en la Tabla 8. El principio de medición se basa en el efecto fotoeléctrico o la emisión de electrones.

**Tabla 8.** Partes del luxómetro.

 <p>2.Pantalla</p> <p>3.Retención de datos</p> <p>4.Sensor de luz</p> <p>5.Encendido y selector de escalas</p> <p>6.Terminal de salida análoga</p> <p>1.Selector de Lux/Fc y tipo respuesta</p>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Selector de Lux/Fc y tipo respuesta</li><li>2. Pantalla de cristal líquido LCD 13mm o 0.5"</li><li>3. Retención de datos</li><li>4. Sensor de luz, compuesto de foto diodo y un filtro de corrección de color.</li><li>5. Encendido y selector de escalas, con un batería de 9V CD 006P, consumo de 2mA</li><li>6. Terminal de salida análoga</li></ol>
---	--

El luxómetro utilizado para la toma de datos tiene una respuesta espectral correcta de acuerdo con la curva de observación normalizada como también un corrector de manera difusa que da garantía al medir la cantidad de luz en el área del instrumento teniendo como principales características:

## Utilidades del instrumento EXTECH--401025

### - Tensión del medidor

1. Cuando el instrumento no se activa en el momento de encendido la pantalla proyecta el icono LO-BAT de batería baja, sustituya la batería.
2. Pulsar el interruptor de tal manera que este encienda o apagar el instrumento.

### - Unidad de medida

Se desliza el interruptor para cambio o selección de unidades de Lux a Foot candle o viceversa.

### - Selección de escala

Seleccione el rango máximo en el interruptor de rango. El medidor tiene tres rangos de medición (0-2000, 0-20000 y 0-50000 lux) o (0-200, 0-2000 y 0-5000 fc). Seleccionando el rango apropiado se producirá una lectura más precisa, en la Tabla 9 se muestra las especificaciones de escala de lux.

**Tabla 9.** Especificaciones de escala LUX y Fc equipo EXTECH 401025

Escala (Lux)	Pantalla en escala (Lux)	Resolución (Lux)	Precisión
2.000	0-1.999	1	+/- (5% + 2 dígitos)
20.000	2.000-19.990	10	+/- (5% + 2 dígitos)
50.000	20.000-50.000	100	+/- (5% + 2 dígitos)
Escala Fc	Pantalla en escala Fc	Resolución Fc	Precisión
200	0-199.9	0.1	+/- (5% + 2 dígitos)
2000	200-1.999	1	+/- (5% + 2 dígitos)
5000	2.000-5.000	10	+/- (5% + 2 dígitos)

### Toma de medida

1. Se selecciona las unidades luz o foot candle.

2. Establecer el tipo de respuesta slow 2 segundos o fast 0.4 segundos.
3. Se procede a retirar el cobertor o protección del sensor de tal forma se deja expuesto el domo blanco sensitivo.
4. Mantener el captador de luz (Light Sensor) de manera horizontal por debajo de la fuente de luz a determinar su valor. En la pantalla del dispositivo se plasma de manera clara el valor, tiempo de muestreo 0.4s.

### **Retención de datos**

Para la retención de las mediciones, deslice el interruptor de retención de datos a la posición hold, hasta que el interruptor se suelte, los datos de lectura permanecerá congelados en la pantalla.

### **Certificado de calibración**

El luxómetro deberá contar con el certificado de calibración en convenio con las leyes de metrología y normalización para evidenciar la exactitud de la medición (Ver Anexo 5).

### **3.2.3. Evaluación de la iluminación existente**

Al evaluar el área de producción de la empresa, es necesario medir la iluminación de las diferentes subáreas, estableciendo medidas de muestreo y las condiciones ambientales que afectan la visión de las personas.

Las mediciones de área solo son válidas para las condiciones presentes en el puesto donde se ejecutan procesos del trabajo, se necesita establecer todos los comportamientos determinados de la iluminación en los ambientales y los factores que afectan los resultados, como la condición y posición de la lámpara, el tipo y antigüedad de las luminarias, la reflectancia de la superficie de trabajo, voltaje eléctrico, así como el equipo utilizado para la toma de valores.

### **Procedimiento de la evaluación.**

Para determinar la iluminación media efectiva en la superficie de trabajo se debe adoptar de manera secuencial lo dictado por la norma NOM-025-STPS-2008 tomando en cuenta que no se incumplan las siguientes consideraciones:

- a) Dividir el área en subáreas en función de las necesidades y características del entorno laboral en el que se va a evaluar la iluminancia, las áreas de trabajo se deben dividir en sectores del mismo tamaño.
- b) Encender las instalaciones eléctricas con antelación y dejar funcionando durante un periodo de 20 minutos antes de iniciar la toma de medidas. Cuando las lámparas fluorescentes se montan en luminarias cerradas, la frecuencia de estabilización es mayor. En lámparas nuevas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un ciclo de 100 horas de funcionamiento antes de proceder a la medición.
- c) El sistema de ventilación debe funcionar con normalidad, ya que los cambios de temperatura provocan descargas de gases y fluctuaciones en la luz de las lámparas fluorescentes.
- d) Medir la iluminación con la ayuda de un luxómetro en el centro de cada unidad de área o en un punto ubicado a la altura de la superficie de trabajo en los puntos definidos
- e) El personal que realiza las mediciones debe tener conocimientos previos en mediciones lumínicas, para garantizar resultados precisos.
- f) Se debe considerar las condiciones de operación del luxómetro en cuanto al posicionamiento de sensor de luz con el área a medirse.

#### **3.2.4. Evaluación de los niveles de iluminación por puesto de trabajo (luxometría)**

Las mediciones se realizaron en las diferentes subáreas de producción donde se desarrollaban tareas visuales, el sensor del luxómetro se coloca en posición horizontal

lo más cercano del plano de trabajo, durante la medición no se modificó las situaciones normales de iluminación del lugar de trabajo en la Tabla 11 se detalla las subáreas de producción.

Una vez, indicado los puntos de medición de iluminación en las áreas de producción se procede con la obtención del número de muestras de puntos de iluminación a evaluar según el índice de área.

El índice de área permite verificar el valor de zonas a analizar, la fórmula para calcular este índice es la siguiente:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)} \quad (6)$$

Donde:

h: Altura de la luminaria, desde el plano de trabajo del obrero, en metros.

x, y: Medidas de plano de trabajo (el largo y el ancho), en metros.

IC: Índice del área.

Una vez encontrado el IC se verifica en el anexo 6 la relación entre el índice de área y el número de zonas de medición, mostrándose en la Tabla 10.

**Tabla 10.** Descripción de subáreas de producción.

Descripción	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)	Índice de área	Número mínimo de zonas de medición
Terminados Monofásico	18,00	11,00	6,50	1,05	9
Estanque monofásico	18,00	8,00	6,50	0,85	8
Bodega de terminados	18,00	3,00	7,10	0,36	6
Bobinado	36,70	11,00	6,10	1,39	11
Laboratorio	18,00	8,00	6,10	0,91	8
Estanque trifásico	18,00	11,00	6,50	1,05	9
Ensamble y conexiones	17,70	11,00	6,10	1,11	10
Núcleos	36,70	8,00	6,40	1,03	9
Metal Mecánica	30,00	11,00	6,65	1,21	10
Procesos de Soldadura	24,00	11,00	6,65	1,13	10
Cabina de pintura verde	5,25	5,00	3,90	0,66	7
Cabina de pintura gris	4,15	3,74	2,90	0,68	7
Granallado	4,14	3,74	3,50	0,56	7
Terminado Trifásico	12,00	11,00	6,40	0,90	8
Carpintería	6,00	7,00	4,50	0,72	7
Inspección y Mantenimiento	30,00	7,00	4,50	1,26	11
Zona de Planificación	17,30	11,00	6,50	1,03	9
Paneladora	12,3	4,00	2,70	1,12	10

En la nave industrial de producción existen diferentes alturas donde se encuentran distribuidas las lámparas fluorescentes. La altura máxima se localiza en la subárea de bodega de producto terminado siendo de 7,10 m y la altura mínima en la paneladora con 2,10 m lo que permite determinar que las diferentes zonas de estudio son amplias por lo cual las luminarias deben estar distribuidas de forma adecuada.

Cabe señalar que el área de producción opera las 24 horas del día, por lo cual los horarios nocturnos no se ven afectados debido a la luz natural de la instalación, realizándose mediciones en cada turno o en cualquier momento en un área determinada.

### **3.2.5. Registro de los distintos niveles de iluminación**

Se acopian los valores de los distintos niveles de iluminación y se anota los valores para hacer uso de estos en forma de evaluación, condiciones físicas, información general y el nivel lumínico en la zona de producción de la empresa Ecuatran SA.

**Tabla 11.** Datos de medición tomados en el turno nocturno.

N°	Puesto de trabajo	Lectura 1 (Lux)	Lectura 2 (Lux)	Lectura 3 (Lux)	Lectura 4 (Lux)	Lectura 5 (Lux)	Lectura 6 (Lux)	Lectura 7 (Lux)	Lectura 8 (Lux)	Lectura 9 (Lux)	Lectura 10 (Lux)	Niveles lumínicos tomados en la noche (Lux)
1	Terminados Monofásicos	50	70	82	95	78	80	87	128	76		82,89
2	Estanque Monofásico	98	103	121	80	84	92	151	94			102,88
3	Bodega de Terminados	42	41	63	126	114	49					72,50
4	Bobinado	351	327	248	166	109	215	209	149	131	95	200,00
5	Laboratorio	112	152	149	162	168	212	173	156			160,50
6	Estanque Trifásico	81	226	82	129	153	115	22	23	49		97,78
7	Ensamble y Conexiones	197	215	188	201	218	180	195	267	207	102	197,00
8	Núcleos	146	190	60	118	192	115	230	241	221		168,11
9	Metal Mecánica	138	37	76	137	104	43	56	74	42	134	84,10

**Tabla 11.** Datos de medición tomados en el turno nocturno (cont.).

N°	Puesto de trabajo	Lectura 1 (Lux)	Lectura 2 (Lux)	Lectura 3 (Lux)	Lectura 4 (Lux)	Lectura 5 (Lux)	Lectura 6 (Lux)	Lectura 7 (Lux)	Lectura 8 (Lux)	Lectura 9 (Lux)	Lectura 10 (Lux)	Niveles lumínicos tomados en la noche (Lux)
10	Procesos de Soldadura	42	178	26	76	71	79	96	47	64	69	74,80
11	Cabina de pintura verde	168	563	411	419	528	585	214				412,57
12	Cabina de pintura gris	824	1000	782	496	403	364	926				685,00
13	Granallado	200	226	244	200	170	227	105				196,00
14	Terminado Trifásico	141	118	258	150	207	126	171	177			168,50
15	Carpintería	137	54	61	86	130	87	67				88,86
16	Inspección y Mantenimiento	70	60	18	181	192	129	54	97	304	62	116,70
17	Zona de Planificación	70	38	11	9	38	43	50	9	33		33,44
18	Paneladora	552	1920	1345	1562	1820	1423	1205	305	425	685	1124,20

Para obtener el valor del nivel promedio de iluminación se hace uso de la siguiente ecuación.

$$Ep = \frac{1}{N} (\Sigma Ei) \quad (7)$$

Donde:

N: Cantidad de medidas realizadas en el plano de trabajo.

Ep: Cantidad promedio en lux.

Ei: calor individual de iluminación tomado en cada área de trabajo en lux.

Según el muestreo de las 18 zonas de medición obtenida del área de producción se calcula mediante la ecuación 2, los resultados se indican en la Tabla 12:

**Tabla 12.** Promedios de niveles lumínicos

<b>N°</b>	<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la mañana (luxes)</b>
1	Terminados Monofásicos	80,16	128	47	657,61	1162	380	144,11	235	76
2	Estanque Monofásico	99,37	151	75	294,25	370	229	101,68	145	62
3	Bodega de Terminados	70,08	126	38	537,08	655	275	208,75	303	145
4	Bobinado	193,86	351	88	480,72	1010	202	224,63	488	86
5	Laboratorio	154,81	212	104	1094,25	1264	881	614,5	876	408
6	Estanque Trifásico	94,22	226	19	674,66	984	427	348,77	460	228
7	Ensamble y Conexiones	190,25	267	95	225,9	438	104	419,25	625	134

**Tabla 12.** Promedios de niveles lumínicos (cont.)

<b>N°</b>	<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la mañana (luxes)</b>
8	Núcleos	162,22	241	56	561,22	775	310	165,27	220	90
9	Metal Mecánica	80,75	138	35	229,6	391	83	144,25	219	42
10	Procesos de Soldadura	72,2	178	24	165,1	314	63	128,85	219	78
11	Cabina de pintura verde	386,85	594	162	172,71	311	70	232,35	325	129
12	Cabina de pintura gris	663,35	1000	312	584,6	802	350	643,57	826	404
13	Granallado	189,07	244	97	140	187	84	160,85	198	102
14	Terminado Trifásico	163,68	258	111	424,93	732	159	295,62	379	206
15	Carpintería	85,64	137	50	879,85	1616	500	706,42	884	266

**Tabla 12.** Promedios de niveles lumínicos (cont.)

<b>N°</b>	<b>Puesto de trabajo</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la noche (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en el día (luxes)</b>	<b>Promedio de niveles lumínicos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos máximos tomados en la mañana (luxes)</b>	<b>Valores de puntos mínimos tomados en la mañana (luxes)</b>
16	Inspección y Mantenimiento	109,68	304	17	277,45	450	144	161,95	345	70
17	Zona de Planificación	32,05	70	8	170,83	250	102	55,44	106	32
18	Paneladora	1110,9	1920	288	958,05	1531	456	914	1699	482

Además de medir la iluminación en las áreas de trabajo, se analiza el Factor de Uniformidad (FU) con el nivel de iluminación promedio de las distintas subáreas y se comparan los valores medidos en cada punto de la oficina. La siguiente relación matemática define el factor de homogeneidad de la siguiente manera:

$$Fu = Ep/Ei \geq 1/1.5 \quad (8)$$

$$Fu = Ei/Ep \geq 1/1.5 \quad (9)$$

Donde:

Ei: Valor del nivel tomado en cada punto.

Fu: Siendo este el factor de uniformidad

Ep: Valor del nivel promediado de iluminación en el plano de trabajo.

El nivel de iluminación promedio del punto de muestreo y las subáreas de producción se sustituyen en la ecuación (7) o (8). El numerador siempre debe ser el nivel de valor más bajo, es decir, Ep o Ei y su relación debe estar entre 0,67 y 1,0.

En la Tabla 13 se registra las mediciones en cada subárea de producción, esto facilita el registro de muestras para así obtener el resultado de nivel de iluminancia promedio.

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Terminados Monofásicos	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	82,89	Hora de medición: (07:30 - 7:38) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	X
	Mixta	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias: 4
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,5m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Entanque Monofásico	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	102,88	Hora de medición: (07:40 - 7:49) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias: 3
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,5m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Bodega de Terminados	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	72,5	Hora de medición: (7:50-7:53) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias: 2
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,2m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	
	Malo	X
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo	Bobinado		
Instrumento utilizado	EXTECH 401025		
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10		
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008		
Nivel de iluminación (lux):	200	Hora de medición: (7:54 - 8:02) pm	
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación	Natural		
	Artificial		
	Mixta	X	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias:	17
Altura con respecto al piso:	7,1m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,1m		
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno		
	Regular	X	
	Malo		
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre		
	3 meses		
	5 meses	X	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Entanque trifásico	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	160,50	Hora de medición: (8:03 – 8:07) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias: 6
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,1m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

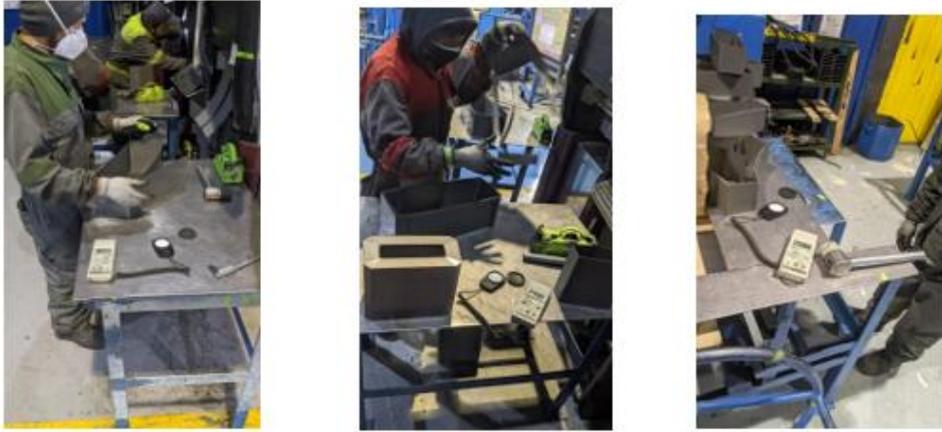
**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo		Entanque trifásico	
Instrumento utilizado		EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento		22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:		NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):		97,78	Hora de medición: (8:08 – 8:13) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación		Natural	
		Artificial	
		Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:		150w	Número de luminarias: 8
Altura con respecto al piso:		7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:		6,5m	
Estado sistema de iluminación artificial		Bueno	
		Regular	X
		Malo	
Frecuencia de Mantenimiento		Siempre	
		3 meses	
		5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Ensamble y conexiones	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	197	Hora de medición: (8:15 – 8:21) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias: 7
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,1m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo	Núcleos		
Instrumento utilizado	EXTECH 401025		
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10		
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008		
Nivel de iluminación (lux):	168,11	Hora de medición: (8:22 – 8:29) pm	
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación	Natural		
	Artificial		
	Mixta	X	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias:	10
Altura con respecto al piso:	7,1m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,5m		
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno		
	Regular	X	
	Malo		
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre		
	3 meses		
	5 meses	X	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo	Metal mecánico		
Instrumento utilizado	EXTECH 401025		
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10		
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008		
Nivel de iluminación (lux):	84,10	Hora de medición: (8:30 – 8:36) pm	
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación	Natural		
	Artificial		
	Mixta	X	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias:	10
Altura con respecto al piso:	7,1m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,4m		
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno		
	Regular	X	
	Malo		
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre		
	3 meses		
	5 meses	X	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

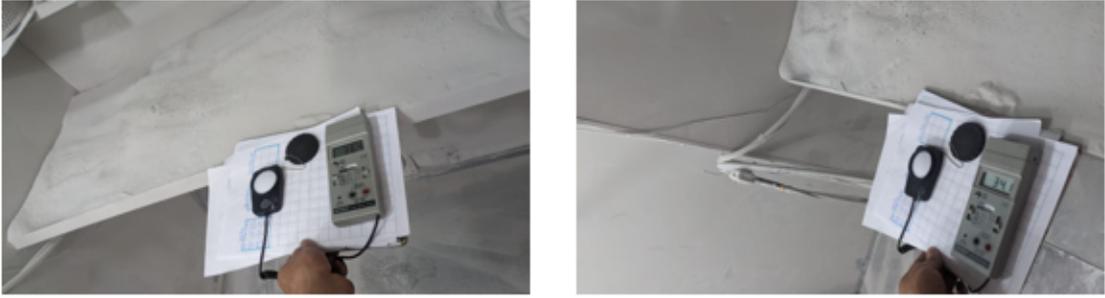
**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Procesos de soldadura	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	74,8	Hora de medición: (8:37 – 8:42) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias: 8
Altura con respecto al piso:	7,10m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,65m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo	Cabina de pintura verde		
Instrumento utilizado	EXTECH 401025		
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10		
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008		
Nivel de iluminación (lux):	412,57	Hora de medición: (8:43 – 8:46) pm	
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación	Natural		
	Artificial		
	Mixta	X	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	150w	Número de luminarias:	6
Altura con respecto al piso:	3,9m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	3,9m		
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno		
	Regular	X	
	Malo		
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre		
	3 meses	X	
	5 meses		
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

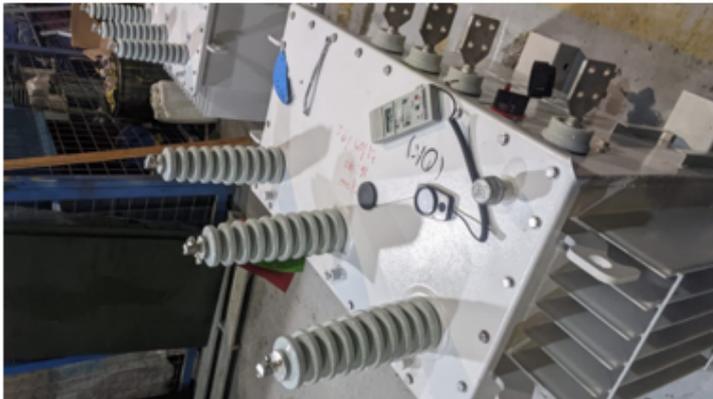
**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Pintura Gris	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	685	Hora de medición: (8:47 – 8:50) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias: 5
Altura con respecto al piso:	2,9m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	2,9m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	X
	5 meses	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

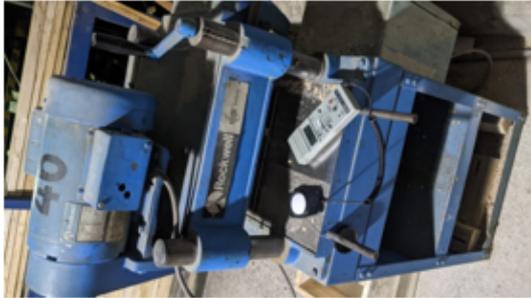
**Tabla13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo	Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverria		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Granallado	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	196	Hora de medición: (8:52– 8:57) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias: 4
Altura con respecto al piso:	3,5m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	3,5m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	
	Malo	X
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Terminados trifásicos	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	168,50	Hora de medición: (8:58 – 9:06) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias: 3
Altura con respecto al piso:	7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	6,4m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	
	Regular	X
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	X
	5 meses	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo		Carpintería	
Instrumento utilizado		EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento		22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:		NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):		88.86	Hora de medición: (9:08 – 9:12) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación		Natural	
		Artificial	
		Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias:	1
Altura con respecto al piso:	4,5m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	3,6m		
Estado sistema de iluminación artificial		Bueno	
		Regular	X
		Malo	
Frecuencia de Mantenimiento		Siempre	
		3 meses	
		5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo	Inspección y Mantenimiento		
Instrumento utilizado	EXTECH 401025		
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10		
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008		
Nivel de iluminación (lux):	116,70	Hora de medición: (9:15 - 9:21) pm	
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación	Natural		
	Artificial		
	Mixta	X	
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias:	8
Altura con respecto al piso:	4,5m		
Altura con respecto al plano de trabajo:	3,6m		
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno		
	Regular	X	
	Malo		
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre		
	3 meses		
	5 meses	X	
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

		Fecha de elaboración	24-09-2022
		Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>			
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.	
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría			
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>			
Puesto de trabajo		Zona de planificación	
Instrumento utilizado		EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento		22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:		NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):		33,44	Hora de medición: (9:22 - 9:26) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>			
Sistema de iluminación		Natural	
		Artificial	
		Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial			
Potencia de iluminaria:		100w	Número de luminarias: 4
Altura con respecto al piso:		7,1m	
Altura con respecto al plano de trabajo:		6,5m	
Estado sistema de iluminación artificial		Bueno	
		Regular	
		Malo	X
Frecuencia de Mantenimiento		Siempre	
		3 meses	
		5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>			
			

**Tabla 13.** Registros del nivel lumínico (cont.)

	Fecha de elaboración	24-09-2022
	Fecha de aprobación	3-10-2022
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Elaborado por: Valencia Salinas Angelo		Aprobado por: Ing. Orlando Campaña.
Localización: Calle Venezuela S/N y Bernardino Echeverría		
<b>DATOS DE MEDICIÓN</b>		
Puesto de trabajo	Paneladora	
Instrumento utilizado	EXTECH 401025	
Fecha de calibración de instrumento	22-03-10	
Metodología utilizada para la medición:	NOM-025-STPS-2008	
Nivel de iluminación (lux):	1124,20	Hora de medición: (9:15 - 9:20) pm
<b>CONDICIONES FÍSICAS DEL ÁREA DE TRABAJO</b>		
Sistema de iluminación	Natural	
	Artificial	
	Mixta	X
Tipo de iluminaria: Tipo campana industrial		
Potencia de iluminaria:	100w	Número de luminarias: 8
Altura con respecto al piso:	3,3m	
Altura con respecto al plano de trabajo:	2,7m	
Estado sistema de iluminación artificial	Bueno	X
	Regular	
	Malo	
Frecuencia de Mantenimiento	Siempre	
	3 meses	
	5 meses	X
<b>DOCUMENTACIÓN FOTOGRÁFICA</b>		
		

**Tabla 14.** Resumen de los niveles de iluminación.

N°	Puesto de trabajo	Iluminación promedio (luxes)			Norma UNE EN 12464.1 (luxes)	Cumplimiento		
		Noche	Medio día	Mañana		Noche	Medio día	Mañana
1	Terminados Monofásicos	80,16	657,61	144,11	300	No cumple	Cumple	No cumple
2	Estanque Monofásico	99,37	294,25	101,68	300	No cumple	Cumple	No cumple
3	Bodega de Terminados	70,08	537,08	208,75	300	No cumple	Cumple	No cumple
4	Bobinado	193,86	480,72	224,63	300	No cumple	Cumple	No cumple
5	Laboratorio	154,81	1094,25	614,5	500	No cumple	Cumple	Cumple
6	Estanque Trifásico	94,22	674,66	348,77	300	No cumple	Cumple	Cumple
7	Ensamble y Conexiones	190,25	225,9	419,25	300	No cumple	No cumple	Cumple
8	Núcleos	162,22	561,22	165,27	300	No cumple	Cumple	No cumple
9	Metal Mecánica	80,75	229,6	144,25	300	No cumple	No cumple	No cumple
10	Procesos de Soldadura	72,2	165,1	128,85	300	No cumple	No cumple	No cumple

**Tabla 14.** Resumen de los niveles de iluminación (cont).

N°	Puesto de trabajo	Iluminación promedio (luxes)			Norma UNE EN 12464.1 (luxes)	Cumplimiento		
		Noche	Medio día	Mañana		Noche	Medio día	Mañana
11	Cabina de pintura verde	386,85	172,71	232,35	750	No cumple	No cumple	No cumple
12	Cabina de pintura gris	663,35	584,6	643,57	750	No cumple	No cumple	No cumple
13	Granallado	189,0714286	140	160,85	300	No cumple	No cumple	No cumple
14	Terminado Trifásico	163,68	424,93	295,62	300	No cumple	Cumple	No cumple
15	Carpintería	85,64	879,85	706,42	500	No cumple	Cumple	Cumple
16	Inspección y Mantenimiento	109,68	277,45	161,95	300	No cumple	No cumple	No cumple
17	Zona de Planificación	32,05	170,83	55,44	300	No cumple	No cumple	No cumple
18	Paneladora	1110,9	958,05	914	750	Cumple	Cumple	Cumple

Los valores tomados de iluminación se verifican con los que dicta la Norma UNE EN 12464-1, de tal forma que se verifica como también se determina si de esa forma los puestos de trabajo llegan a los estándares exigidos en la normativa.

De lo antes expuesto y de acuerdo con los datos de la tabla 14 se determina lo siguiente:

- El 76 % de los puestos de trabajo donde se tomaron las medidas no llegan al nivel mínimo de iluminación impuestos en la normativa en el área de fabricación de transformadores.
- El 24 % de los puestos de trabajo, si llegan a los niveles impuestos por la norma, se debe tomar en cuenta que es de gran relevancia analizar que la iluminación no genere deslumbramientos en el puesto de trabajo.
- El nivel de luz promedio calculado para una nave industrial por la noche en un área industrial es mucho más bajo que el estándar. Esto representa una amenaza inminente para la salud visual de los trabajadores y aumenta la probabilidad de accidentes, ya que los trabajadores realizan sus actividades con máquinas eléctricas y neumáticas que pueden provocar la amputación de los miembros superiores de los empleados, convirtiéndose en el motivo de riesgo de salud ocupacional.

### **3.2.6. Resultados de las mediciones para el factor de uniformidad**

Una vez realizados los cálculos del factor de uniformidad de trabajo representado en la Tabla 15, podemos verificar si cumplen con los estándares adecuados a la normativa.

**Tabla 15.** Cumplimiento del factor de uniformidad en los puestos de trabajo

N°	Puesto de trabajo	Iluminación promedio			Norma UNE EN 12464.1	Cumplimiento		
		Factor de Uniformidad (%)				Noche	Medio día	Mañana
		Noche	Medio día	Mañana				
1	Terminados Monofásicos	No Aplica	91.3	91.3	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
2	Estanque Monofásico	No Aplica	79.5	79.5	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
3	Bodega de Terminados	No Aplica	82	82	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
4	Bobinado	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
5	Laboratorio	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
6	Estanque Trifásico	No Aplica	68.56	68.56	≥75%	No Aplica	No cumple	No cumple
7	Ensamble y Conexiones	No Aplica	95.71	95.71	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
8	Núcleos	No Aplica	29.6	29.6	≥75%	No Aplica	No cumple	No cumple
9	Metal Mecánica	No Aplica	58.72	58.72	≥75%	No Aplica	No cumple	No cumple
10	Procesos de Soldadura	No Aplica	97	97	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
11	Cabina de pintura verde	No Aplica	75	75	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
12	Cabina de pintura gris	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
13	Granallado	No Aplica	86	86	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
14	Terminado Trifásico	No Aplica	53.89	53.89	≥75%	No Aplica	No cumple	No cumple
15	Carpintería	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
16	Inspección y Mantenimiento	No Aplica	91.1	91.1	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
17	Zona de Planificación	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple
18	Paneladora	No Aplica	100	100	≥75%	No Aplica	Cumple	Cumple

## Mediciones de iluminancia por puesto de trabajo

De acuerdo con la norma NOM-025-STPS-2008, se establece que: “En cada puesto de trabajo se debe realizar por lo menos una medición, el medidor de luz debe colocarse lo más cerca posible del plano de trabajo y no proyectar sombras o reflejar el exceso de luz sobre la superficie de trabajo”.

Para valorar el factor de reflexión de los puestos de trabajo escogidos, se debe utilizar el siguiente procedimiento:

- Se realiza una primera medida (E1), usando la fotocelda del luxómetro colocada de cara al plano de trabajo, a una distancia de  $10 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ , hasta obtener una lectura constante.
- Se efectúa la segunda medición (E2) con la fotocelda apoyada en el plano de trabajo, pero dirigida en sentido contrario, con el objetivo de medir la luz incidente.
- Se determina el factor de reflexión (Kf) utilizando la siguiente ecuación:

$$Kf = \frac{E1}{E2} (100\%) \quad (10)$$

A continuación, en la Tabla 16 se detalla el análisis del cumplimiento del factor de reflexión en cada una de las áreas de trabajo propuestas.

**Tabla 16.** Cumplimiento del factor de reflexión Kf.

N°	Puesto de trabajo	Factor de Reflexión Kf(%)			Niveles máximos de Reflexión permisibles	Cumplimiento		
		Medio día	Noche	Mañana				
						Medio día	Noche	Mañana
1	Terminados Monofásicos	No Aplica	21,91	35,62	50%	No Aplica	Si	Si
2	Estanque Monofásico	No Aplica	14,56	34,73	50%	No Aplica	Si	Si
3	Bodega de Terminados	No Aplica	28,87	28,57	50%	No Aplica	Si	Si
4	Bobinado	No Aplica	36,73	41,30	50%	No Aplica	Si	Si
5	Laboratorio	No Aplica	36,16	36,19	50%	No Aplica	Si	Si
6	Estanque Trifásico	No Aplica	21,70	39,01	50%	No Aplica	Si	Si
7	Ensamble y Conexiones	No Aplica	35,88	27,22	50%	No Aplica	Si	Si
8	Núcleos	No Aplica	29,45	47,15	50%	No Aplica	Si	Si
9	Metal Mecánica	No Aplica	36,83	45,98	50%	No Aplica	Si	Si
10	Procesos de Soldadura	No Aplica	23,04	36,03	50%	No Aplica	Si	Si
11	Cabina de pintura verde	No Aplica	24,33	44,65	50%	No Aplica	Si	Si
12	Cabina de pintura gris	No Aplica	20,84	28,13	50%	No Aplica	Si	Si
13	Granallado	No Aplica	20,04	44,05	50%	No Aplica	Si	Si
14	Terminado Trifásico	No Aplica	19,57	25,37	50%	No Aplica	Si	Si
15	Carpintería	No Aplica	32,29	44,12	50%	No Aplica	Si	Si
16	Inspección y Mantenimiento	No Aplica	38,37	41,72	50%	No Aplica	Si	Si
17	Zona de Planificación	No Aplica	22,45	37,81	50%	No Aplica	Si	Si
18	Paneladora	No Aplica	25,40	42,28	50%	No Aplica	Si	Si

No existen problemas de deslumbramiento en los puestos de trabajo, debido a que la reflectancia no supera el valor de referencia establecido en la norma. Es importante mencionar que el factor de reflexión en las estaciones de trabajo operativas se evaluó en tiempo nublado en ausencia de luz solar.

### **3.3. Propuesta**

Diseño de la situación de la iluminación para aprovechar de mejor manera la iluminancia en la zona de producción de la empresa Ecuatran SA.

#### **3.3.1. Datos Informativos**

- **Institución ejecutora:** Ecuatran SA.
- **Beneficiarios:** Trabajadores operativos del área de producción de la empresa Ecuatran SA.
- **Ubicación:** Provincia de Tungurahua, Cantón Ambato, km 7 1/2 vía a Guaranda.
- **Responsables:**
  - Sr. Ángel Valencia (Investigador)
  - Ing. Alejandra Lascano (Tutor)
- **Equipo técnico responsable usado:**
  - Investigador
  - Tutor del trabajo de investigación.
  - Responsable de la seguridad de Ecuatran SA.
- **Tiempo esperado del trabajo:** septiembre 2022 – enero 2023
- **Financiamiento del trabajo:** Recursos establecidos en el presupuesto anual de la empresa Ecuatran SA para la mejora de instalaciones.

#### **3.3.2. Antecedentes de la propuesta**

Para el tratamiento original de la propuesta de temas relacionados con esta investigación, se encontraron estudios similares que abordan el problema y presentan alternativas para su solución, una de ellas establece que una buena iluminación aumenta la productividad, una buena distribución de luminarias haciendo uso correcto del espacio mejorará la calidad de trabajo organizacional hasta en un 15 %, una excelente iluminación mejorará

la calidad de la productividad hasta en un 10%, algo que representa un gran beneficio para la empresa al finalizar el año [20].

De la misma manera, se toma como referencia un artículo científico, se detalla que en el marco de la preocupación por la sustentabilidad, el mejoramiento de los ambientes para que sean adecuado para los estudiantes contribuye a un rendimiento óptimo, por lo que tener condiciones de iluminación normalizadas (basadas en el diseño de ingeniería) tendrá efectos positivos en el procesamiento de la información y su ánimo.

Teniendo en cuenta lo anterior y los resultados de las investigaciones sobre este tema, es fundamental que todos los sistemas de iluminación se basen en un diseño óptimo, enfocado a crear condiciones de iluminación adecuadas.

### **3.3.3. Justificación**

La visión en las personas es fundamental para realizar sus actividades con fluides y está asociada a la necesidad de tener una excelente iluminación en el entorno. En detalle, es necesario contar con una iluminación adecuada en los puestos de trabajo o en otras partes de la empresa (almacén, garaje, laboratorio, oficina, etc.) que permitan a las personas ver sin dificultad el trabajo que se realiza. De igual manera para circular con seguridad por pasillos, carriles de circulación, escaleras o gradas y áreas de cruce peatonal o corredores.

El Instituto de Seguridad e Higiene en el trabajo menciona que si se mantiene una iluminación deficiente tiende a crecer la posibilidad de que el trabajador o persona asociada en el medio cometa errores en el trabajo y que se provoquen accidentes. Asimismo, una mala iluminación puede inducir fatiga visual, lo que representa problemas oculares (sequedad, picor u hormigueo), dolor de cabeza, cansancio, irritabilidad, mal humor en las personas. Por ello, el análisis ergonómico y de seguridad de los puestos donde se labora se debe considerar en todos los casos que los niveles de iluminación en las áreas de trabajo deben ser adecuados: "La iluminación más correcta es aquella que otorga de manera sencilla reconocer la forma, el color, los objetos en movimiento y apreciar el relieve, de manera sencilla y sin ningún tipo de cansancio, refiriéndose a que proporciona un confort visual más prolongado".

El trabajo vinculado con los factores de riesgo vincula un ciclo diario, comenzando con

el tratamiento en la fuente, luego a nivel del medio de transmisión y finalmente a nivel del individuo. Los factores de riesgo físicos no escapan a la regla y la presente propuesta se centra directamente en establecer el control de origen, previniendo riesgos laborales.

#### **3.3.4. Objetivos**

##### **Objetivo general**

Rediseñar la distribución de la iluminación necesarias para aprovechar de mejor manera la iluminancia en la zona productiva de la empresa Ecuatran SA.

##### **Objetivos específicos**

- Determinar las especificaciones tanto técnicas e informativas de luminarias y lámparas para una mejor organización de iluminación en las zonas de producción de la empresa Ecuatran SA.
- Buscar un nuevo diseño para los modos de iluminación tanto natural como artificial en las zonas de producción de Ecuatran SA con un criterio de carácter fuerte, haciendo uso de las normativas NTP de INSHT y UNE – EN 12464-1 de iluminación.

#### **3.3.5. Análisis de factibilidad**

Esta propuesta de rediseño del sistema de iluminación para el área de producción es posible gracias a que la empresa Ecuatran SA dispone de los recursos en cuanto a aspectos técnicos, operativos, legales, económicos y la predisposición para mejorar el entorno lumínico que permita a los trabajadores realizar sus actividades con mayor comodidad, seguridad y eficiencia.

#### **3.3.6. Base científica y técnica**

Mediante la normativa NOM-025-STPS [4] se requiere ejecutar un levantamiento de todas las áreas involucradas, con esto se identifica tanto áreas de trabajo como las tareas visuales vinculadas, las áreas donde la iluminación es deficiente o excesiva e induce deslumbramiento son identificadas mediante la aplicación de la normativa. Una vez conocida la realidad de cada zona y puesto de trabajo, es necesario diseñar la iluminación

en áreas internas con el método de carácter analítico o de matemático, describe como principal los elementos como el análisis.

### Tipo de recinto o actividad

Es importante reconocer las normas aplicables a nivel nacional, las cuales se encuentran detalladas en el artículo 56 del Decreto Ejecutivo 2393, la norma no es específica, es por ello que Ecuador no tiene una norma donde se indiquen requisitos mínimos de iluminación recomendados para cada región y dependiendo de la actividad. En el contexto de la iluminación en la normativa aplicable se tomará como referencia la norma UNEEN12464-1:2012 [7]. La iluminancia promedio (lux) no es más que el principal objetivo de diseño, que incluye, como su propio nombre indica, prácticamente la calidad media de la iluminación debe de satisfacer en su totalidad el área de iluminación [14].

### Reflexión superficial efectiva

Para obtener la reflectancia de un área, se considera el color, material, tono y la textura. Reconocidas las variables, se consulta la Tabla 17 [23]:

**Tabla 17.** Reflectancias efectivas de colores, superficies y texturas (%).

Tono	Color		Superficies		Acabados de construcción	
Muy Claro	Blanco nuevo	88	Mapie	43	Cantera clara	18
	Blanco viejo	76	Nogal	16	Cemento	27
	Azul crema	76	Caoba	12	Concreto	40
	Crema	81	Pino	48	Mármol blanco	45
	Azul	65	Madera clara	30-50	Vegetación	25
	Miel	76	Madera oscura	10-25	Asfalto limpio	7
	Gris	83			Adoquín de roca	17
	Azul verde	72			Grava	13
					Ladrillo claro	30-15
					Ladrillo oscuro	25-25
Claro	Crema	79	Acabado metálico		Blanco polarizado	80
	Azul	55			Aluminio pulido	75
	Miel	70			Aluminio mate	75
	Gris	73			Aluminio claro	63

## **Plano de Trabajo**

La superficie eficiente de trabajo señala la distancia respecto al piso y se ejecutaran actividades en el establecimiento, tomando en cuenta que la altura es general, o en la situación de que esta no esta medida, en ese caso se toma como referencia una altura de 0,75 metros en actividades que requieran sentarse mientras que 0,85 metros para un trabajo que exige el estar de pie.

## **Valor de la eficiencia energética de la instalación [VEEI]**

Este dato verifica la eficiencia de energía procedente del sistema de iluminación a diseñar. Esta magnitud establece los luxes que se producen con la energía eléctrica de las lámparas. Se busca la mayor eficiencia por parte de la luz (luxes) verificando un bajo consumo eléctrico (Vatios).

El método utilizado para poder diseñar una incorporación de iluminación consta de las siguientes etapas:

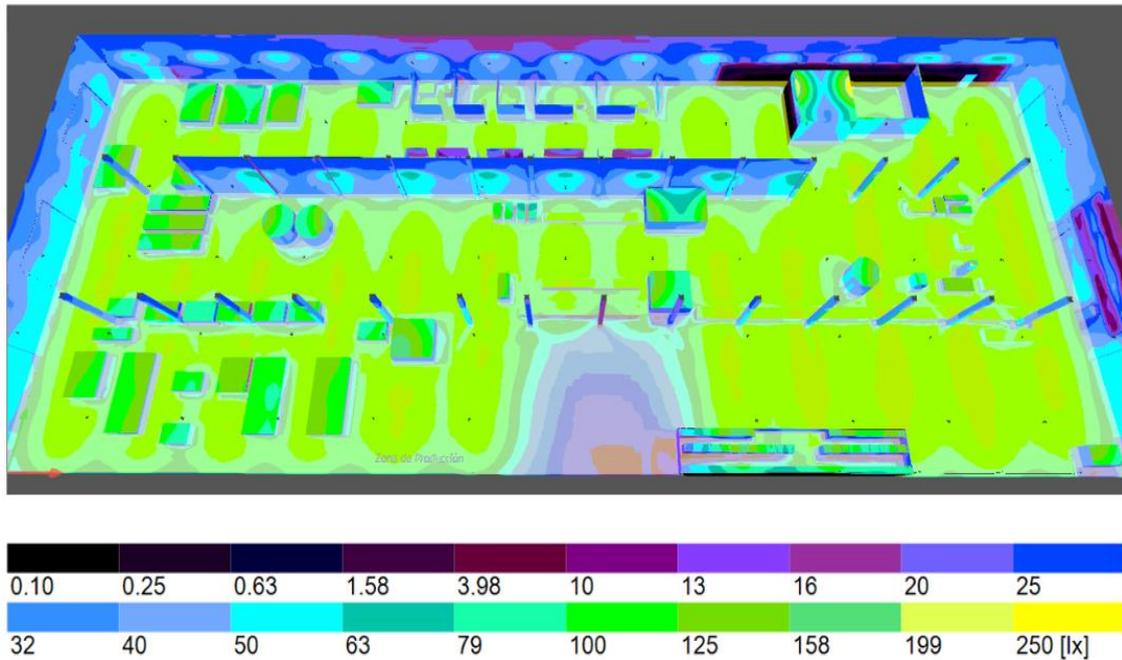
- Análisis del proyecto. Este paso implica determinar tanto la clase de iluminación requerida sea esta general o local, tanto la actividad realizada como el tipo de recinto.
- Señala los parámetros locales. Los parámetros se refieren a las dimensiones geométricas del establecimiento, su forma específica (establecimiento redondo, cuadrado, etc.), color, textura y reflectancias efectivas.
- Seleccione Medios de iluminación. Los medios editoriales con análisis de proyecto (propósito de diseño) se pueden entender desde la norma, para plantas industriales la iluminación promedio se toma como referencia la norma UNE-EN 12464-1:2012.
- Para la incorporación e instalación de la luminaria, se debe seleccionar el tipo de lampará como sus accesorios de los cuales se hará uso teniendo en claro el tipo de propósito y la iluminación necesaria. Al elegir este conjunto, también es necesario definir los fundamentales caracteres fotométricos:

Potencia eléctrica [W]

Eficacia [lm/W]

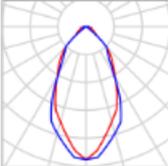
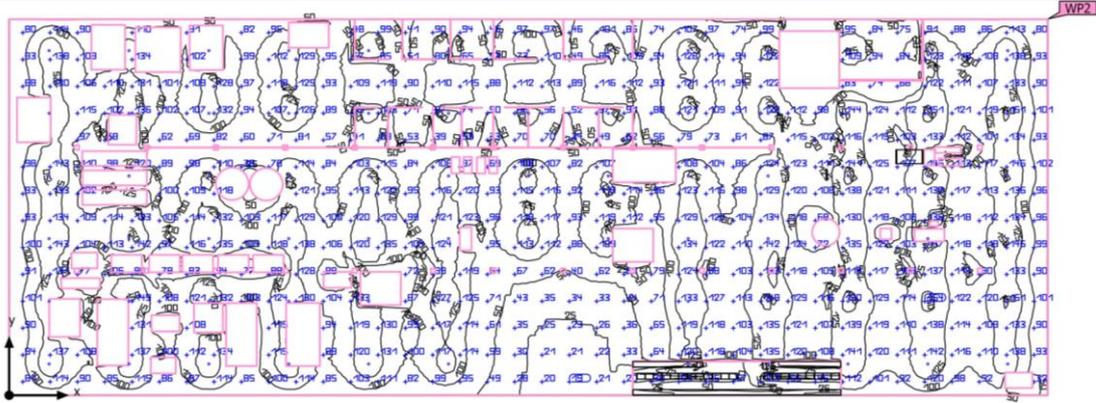


zona, teniendo en cuenta nuestra paleta de colores se diferencia las zonas con un nivel de iluminación, el más bajo en color morado y azul muestra un promedio de 20 a 25 luxes, mientras tanto que el color amarillo representa un valor de 250 luxes, tomando en cuenta que en la mayor parte de la zona de producción alcanza un valor de 125 a 199 luxes, tal como se ilustra en la Figura 6.



**Figura 6.** Simulación de iluminación previo al diseño del área de producción.

**Tabla 18.** Fuente de luz utilizada en la zona de producción.

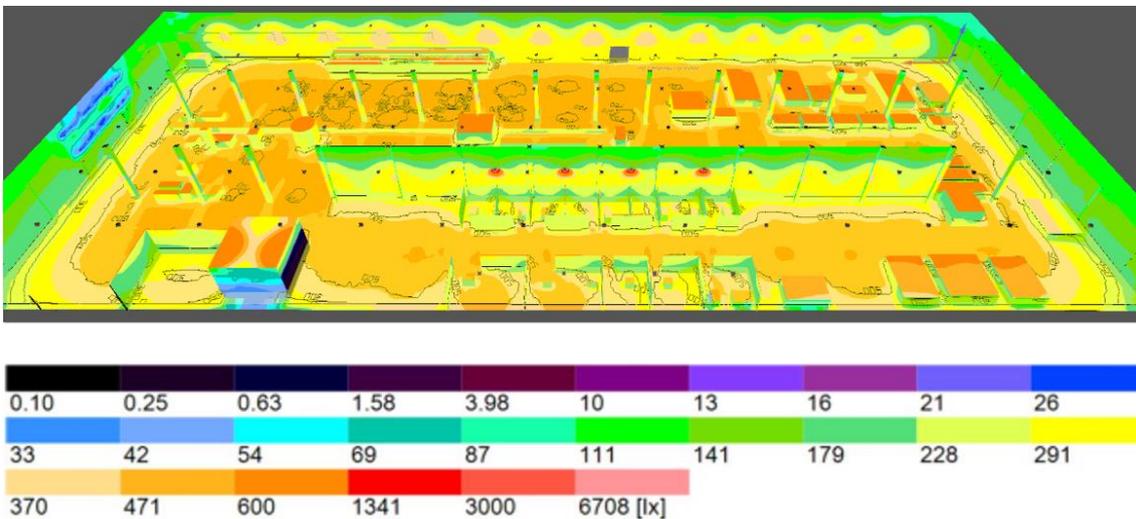
Fuentes de Luz																			
Código	Lúmenes	Wattios	Marca																
L1-L74	4978	100	SYLVANIA																
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">    </div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Fabricante</td> <td style="width: 25%;">SYLVANIA</td> <td style="width: 25%;">P</td> <td style="width: 25%;">100.0 W</td> </tr> <tr> <td>Nº de artículo</td> <td>2052603</td> <td>Φ<sub>Luminaria</sub></td> <td>4978 lm</td> </tr> <tr> <td>Nombre del artículo</td> <td colspan="3">Performance Cone Double DALI Round LED 50W PC Wallwash Double DALI</td> </tr> <tr> <td>Lámpara</td> <td colspan="3">1x PERF CONES LED 50W WWASH DBL RND</td> </tr> </table>				Fabricante	SYLVANIA	P	100.0 W	Nº de artículo	2052603	Φ <sub>Luminaria</sub>	4978 lm	Nombre del artículo	Performance Cone Double DALI Round LED 50W PC Wallwash Double DALI			Lámpara	1x PERF CONES LED 50W WWASH DBL RND		
Fabricante	SYLVANIA	P	100.0 W																
Nº de artículo	2052603	Φ <sub>Luminaria</sub>	4978 lm																
Nombre del artículo	Performance Cone Double DALI Round LED 50W PC Wallwash Double DALI																		
Lámpara	1x PERF CONES LED 50W WWASH DBL RND																		
Altura del plano de visualización		0.748m																	
Dis. Vertical de luminaria a plano de visualización		6.5m																	
Altura Área de trabajo		7.248m																	
<i>Layout</i>																			
																			

En la figura 7 se muestra cómo se distribuye la iluminación, se presenta el layout que brinda el software para mejor visualización del espectro lumínico.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Zona de Producción) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	100 lx ( $\geq 500$ lx) X	6.52 lx	157 lx	0.065	0.042	WP2

**Figura 7.** Estudio de iluminación en la zona de producción diseñada.

Se toma en cuenta que en el área de soldadura no alcanza los niveles adecuados de iluminación únicamente con las lámparas colgantes a causa de las separaciones de cada puesto de trabajo, por lo cual se propone añadir 8 lámparas adicionales a una altura de 4 metros sobre el piso para poder alcanzar un nivel adecuado de iluminación sin afectar a las áreas de trabajo cercanas como se detalla en la Figura 8.



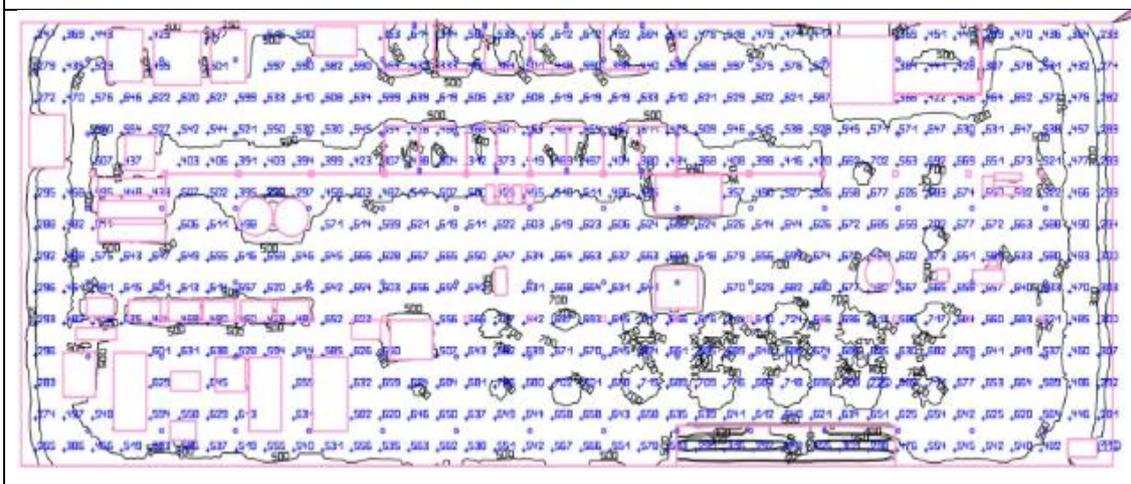
**Figura 8.** Análisis de iluminancia en la zona de producción.

Para la realización del rediseño de los planos útiles de iluminación, se utiliza las luminarias de tipo led detalladas en la Tabla 19, también se puede observar el layout de la zona y sus distintos rangos de iluminación se alcanzará con la implementación de nuevas luminarias.

**Tabla 19.** Lista de luminarias para rediseño en zona de producción.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Ilustración
84	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200KAY090N	120	24000	
8	AIRIS PROJECTEUR THEMIS	FLSA050N	50W	7000	

Layout



A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados, tal como se muestra en la Figura 9.

Planos útiles

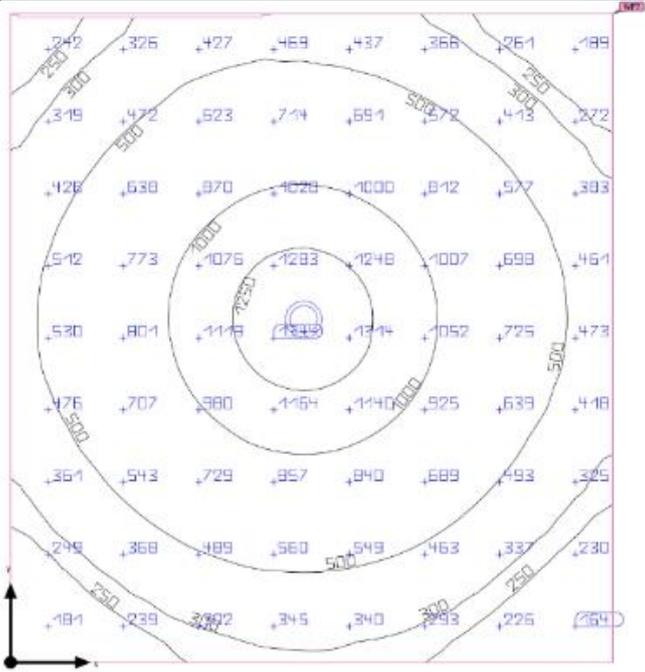
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Zona de Producción)	545 lx	34.8 lx	730 lx	0.064	0.048	WP2
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	$\geq 500$ lx					
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

**Figura 9.** Planos útiles de trabajo rediseñados en zona de producción

## Carpintería

Se detalla la información obtenida con las luminarias previamente instaladas en la Tabla 20.

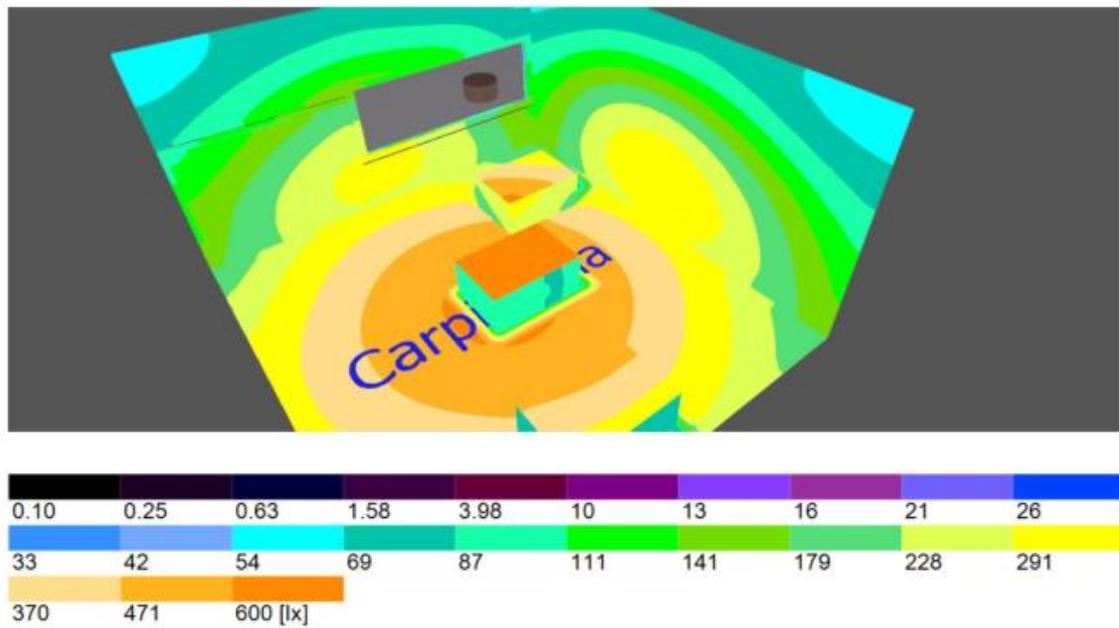
**Tabla 20.** Fuente de luz en cuarto de carpintería.

Fuentes de Luz			
Código	Lúmenes	Wattios	Marca
L1	4978	200	SYLVANIA
			
Altura del plano de visualización		0.74m	
Dis. Vertical da luminaria a plano de visualización		3.75m	
Altura Área de trabajo		4.5m	
<i>Layout</i>			
			

Las mediciones de iluminación promedio se realizan mediante el software como se indica en la Figura 10. Además, se presenta el análisis de iluminación en el área de carpintería en la Figura 11.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Carpintería ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	485 lx ( $\geq 500$ lx) ✗	121 lx	1096 lx	0.25	0.11	WP7

**Figura 10.** Estudio de iluminancia previo en la zona de carpintería.



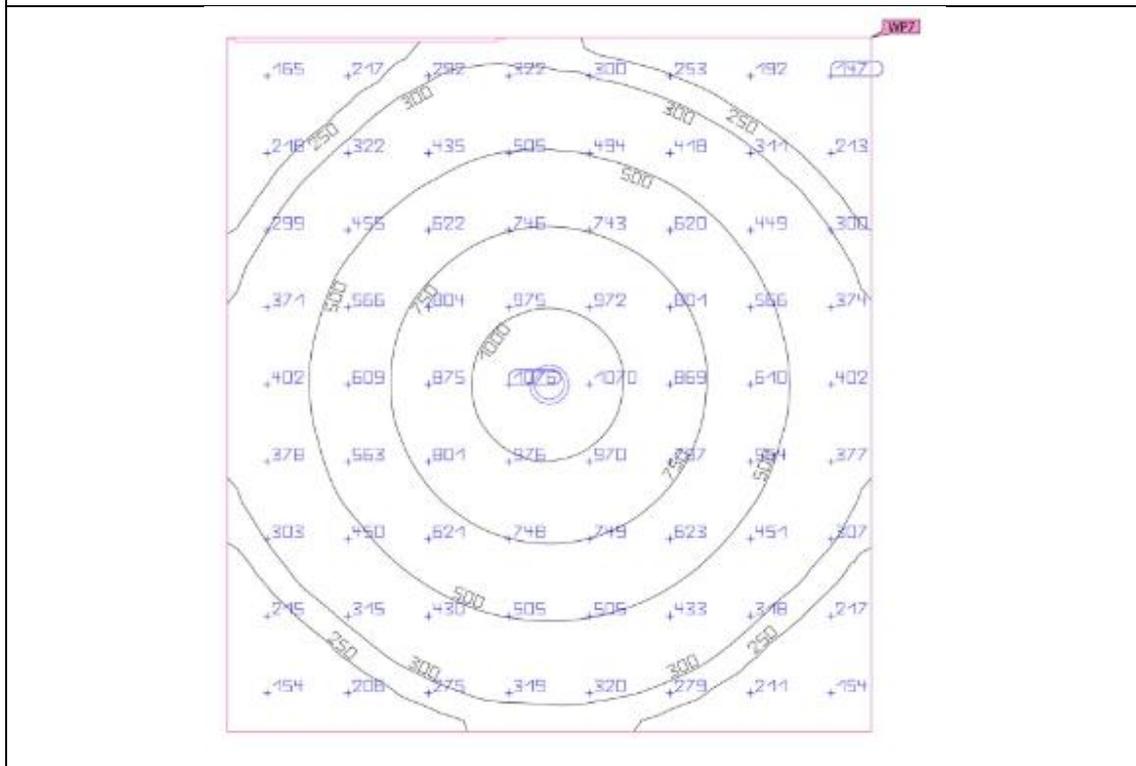
**Figura 11.** Análisis de iluminancia en la zona de carpintería.

Se realiza el rediseño de los planos útiles de iluminación usando las siguientes luminarias de la Tabla 21.

**Tabla 21.** Lista de luminarias para el cuarto de carpintería.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				Ilustración
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	
1	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200KAY090N	120	24001	

Layout



A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados para la zona de carpintería, se aprecia que el software realiza un cálculo promedio de los luxes totales que se van a encontrar en la zona de trabajo .

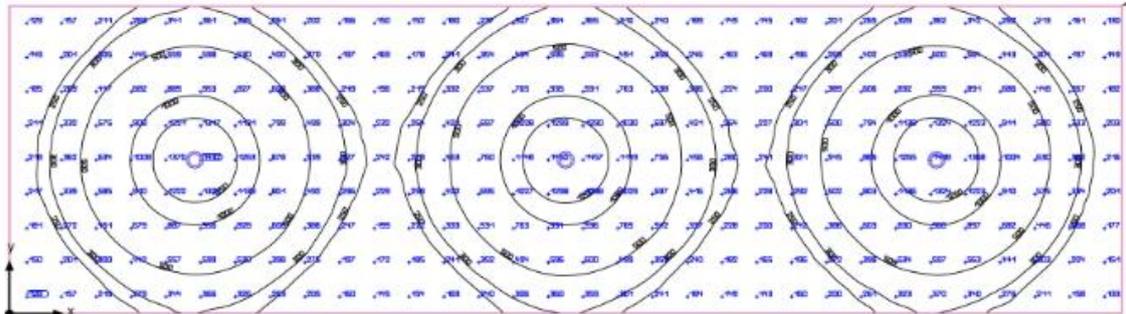
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Carpintería ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	604 lx ✓	141 lx	1365 lx	0.23	0.10	WP7

**Figura 12.** Planos útiles de trabajo en zona de carpintería.

## Área de mantenimiento

Se detalla la información obtenida con las luminarias previamente instaladas en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Fuente de luz en el área de mantenimiento.

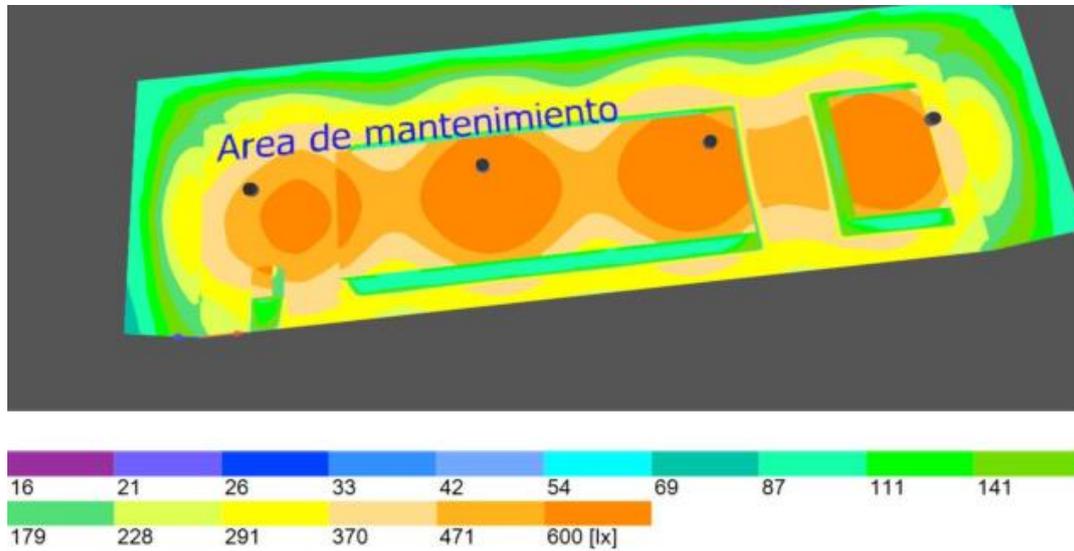
Fuentes de Luz			
Código	Lúmenes	Wattios	Marca
L1-L3	7980	180	SYLVANIA
			
Altura del plano de visualización		0.74m	
Dis. Vertical da luminaria a plano de visualización		3.75m	
Altura Área de trabajo		4.5m	
<i>Layout</i>			
			

Las mediciones de iluminación promedio se realizan con el software y se plasman en la Figura 13.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Área de mantenimiento)	492 lx	115 lx	1494 lx	0.23	0.077	WP6
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	$\geq 500$ lx					
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✗					

**Figura 13.** Estudio de iluminancia previo en el área de mantenimiento.

En el área de mantenimiento se realizó un análisis de iluminancia detallado en la Figura 14.



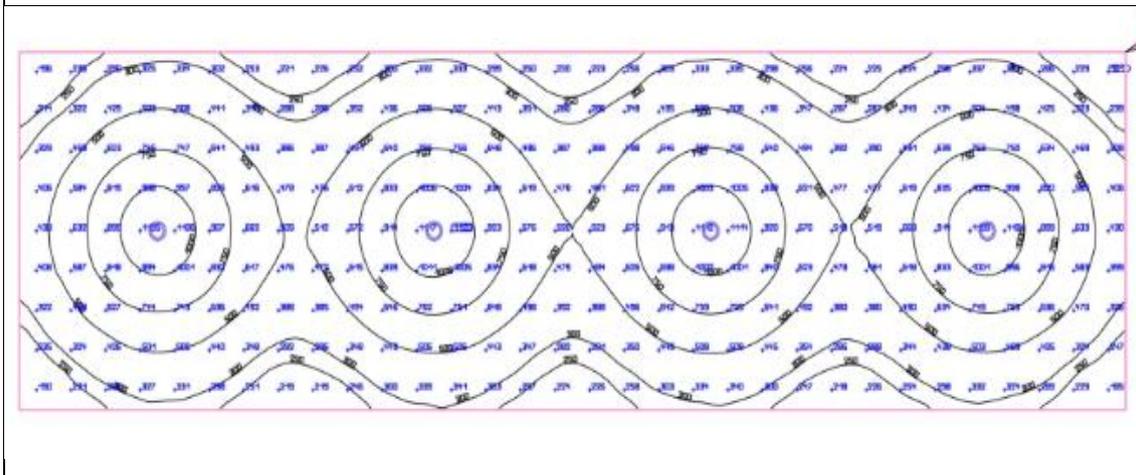
**Figura 14.** Análisis de iluminancia en el área de mantenimiento.

Se realiza el rediseño de los planos útiles de iluminación empleando las siguientes luminarias de la Tabla 23.

**Tabla 23.** Lista de luminarias para área de mantenimiento.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Ilustración
4	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200KAY090N	120	24001	

Layout



A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados para la zona de carpintería identificados en la Figura 15.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Área de mantenimiento) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	521 lx (≥ 500 lx) ✓	161 lx	1145 lx	0.31	0.14	WP6

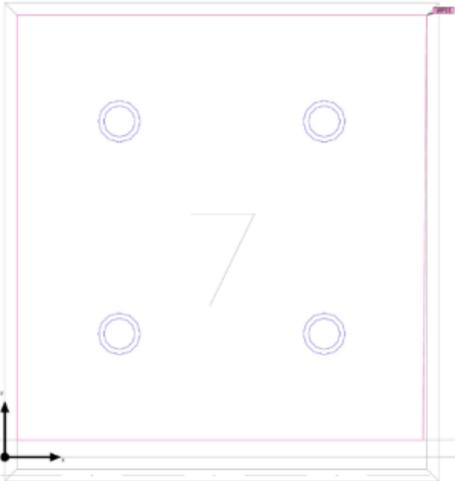
Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada, Estándar (oficina)

**Figura 15.** Planos útiles de trabajo rediseñados en el área de mantenimiento.

### Cuarto de pintura gris

Se detalla la información obtenida con las luminarias previamente instaladas en la Tabla 24.

**Tabla 24.** Fuente de luz en el cuarto de pintura gris.

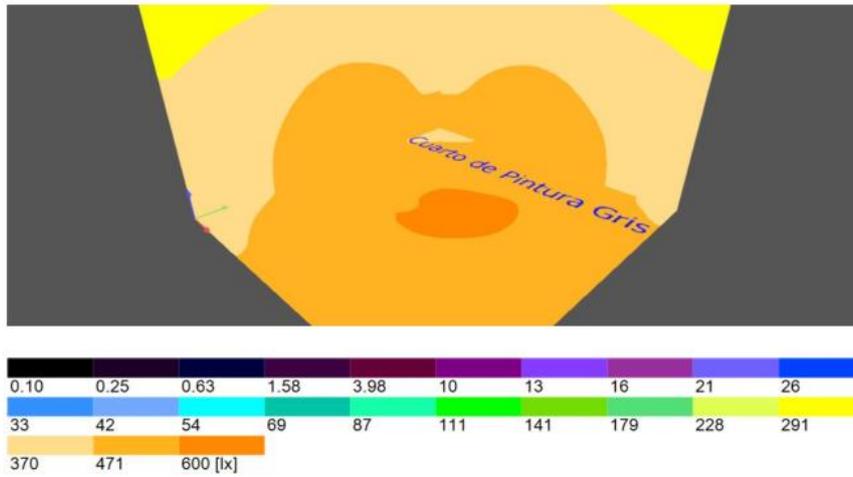
Fuentes de Luz			
Código	Lúmenes	Wattios	Marca
L1-L4	2000	80	SYLVANIA
			
Altura del plano de visualización		0.74m	
Dis. Vertical da luminaria a plano de visualización		2.55m	
Altura Área de trabajo		2.9m	
Layout			
			

Las mediciones de iluminación promedio se realizan con el software y se representan en la Figura 16.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Carpintería)	604 lx	141 lx	1365 lx	0.23	0.10	WP7
Iluminancia perpendicular (Adaptativamente)	$\geq 500$ lx					
Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	✓					

**Figura 16.** Estudio de iluminancia previo en el cuarto de pintura gris.

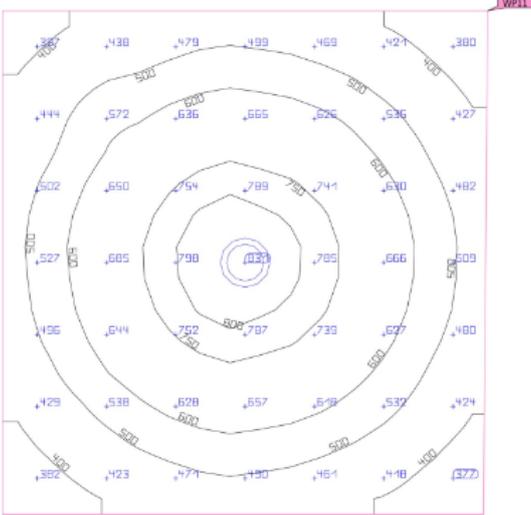
De la misma manera se planteó un análisis de iluminancia en el cuarto de pintura gris, tal como se ilustra en la Figura 17.



**Figura 17.** Análisis de iluminancia en el cuarto de pintura gris.

Se realiza el rediseño de los planos útiles de iluminación utilizando las siguientes luminarias de la Tabla 25.

**Tabla 25.** Lista de luminarias para el cuarto de pintura gris.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Ilustración
1	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200K AY090N	100	5000	
Layout					
					

A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados para el cuarto de pintura gris, mostrada en la Figura 18.

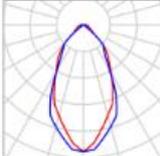
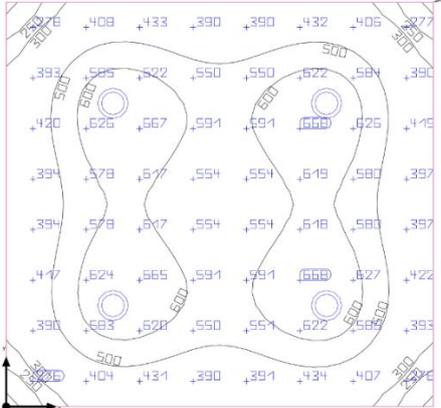
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Cuarto de Pintura Gris) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	564 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	361 lx	832 lx	0.64	0.43	WP11

**Figura 18.** Planos útiles de trabajo en el cuarto de pintura gris.

### Cuarto de pintura verde

Se detalla la información obtenida con las luminarias previamente instaladas en la Tabla 26.

**Tabla 26.** Fuente de luz en el cuarto de pintura verde.

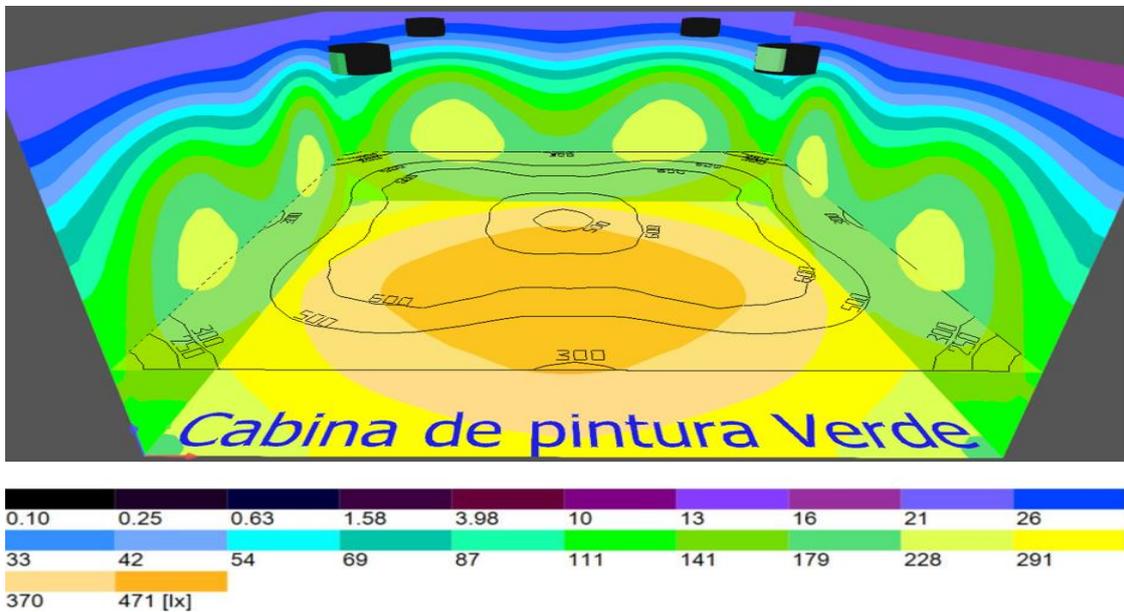
Fuentes de Luz			
Código	Lúmenes	Wattios	Marca
L1-L4	20000	120	SYLVANIA
  			
Altura del plano de visualización		0.74m	
Dis. Vertical da luminaria a plano de visualización		2.55m	
Altura Área de trabajo		2.9m	
Layout			
			

Las mediciones de iluminación promedio se realizan con el software y se plasman en la Figura 19.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Cabina de pintura Verde ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	504 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	196 lx	679 lx	0.39	0.29	WP12

**Figura 19.** Estudio de iluminancia previo en el cuarto de pintura verde.

De igual forma se realizó un análisis de iluminancia para el cuarto de pintura verde indicando el nivel de luxes sobre el área indicado en la Figura 20.



**Figura 20.** Análisis de iluminancia en la cabina de pintura verde.

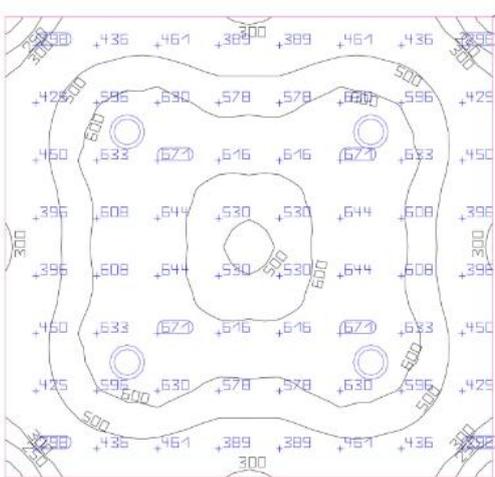
A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados para la zona de carpintería, indicado en la Figura 21.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (Cabina de pintura Verde ) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	520 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	190 lx	673 lx	0.37	0.28	WP12

**Figura 21.** Planos útiles de trabajo rediseñados en la cabina de pintura verde.

Se realiza el rediseño de los planos útiles de iluminación usando las siguientes luminarias en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Lista de luminarias para rediseño.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Ilustración
4	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200KAY090N	100W	5000	
<b>Layout</b>					
					

### Cuarto de granallado

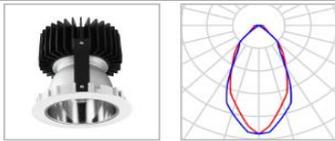
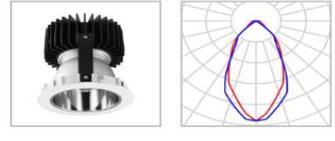
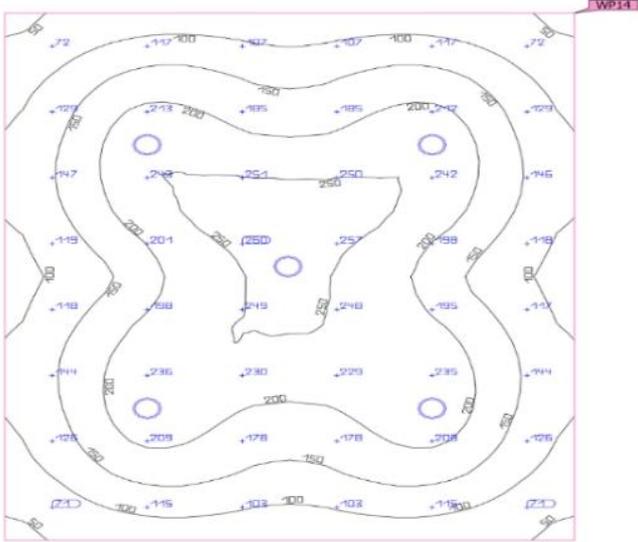
Las mediciones de iluminación promedio se realizan con el software y se plasman en la Figura 22.

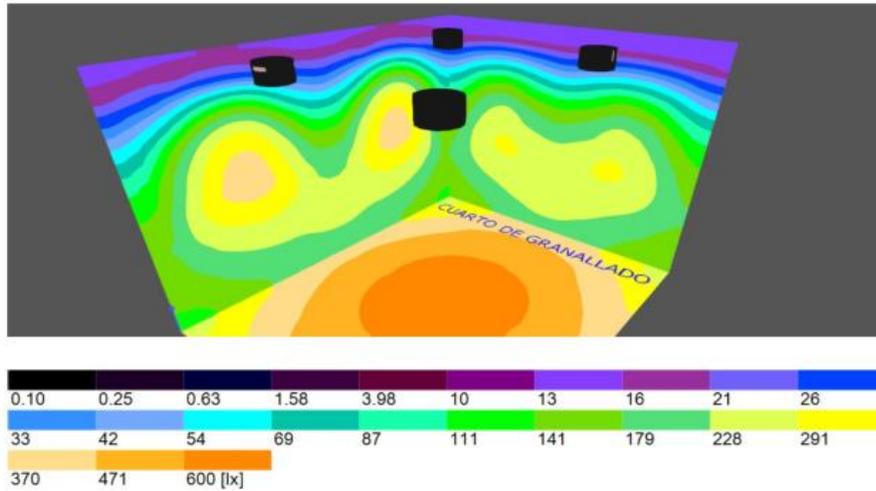
Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (CUARTO DE GRANALLADO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	166 lx ( $\geq 500$ lx)	44.3 lx	270 lx	0.27	0.16	WP14

**Figura 22.** Estudio de iluminancia previo en el cuarto de granallado.

Se detalla la información obtenida con las luminarias previamente instaladas en la Tabla 28. Posterior a esto se demostró un análisis de iluminancia en el cuarto de granallado plasmado en la Figura 23.

**Tabla 28.** Fuente de luz en el cuarto de pintura verde.

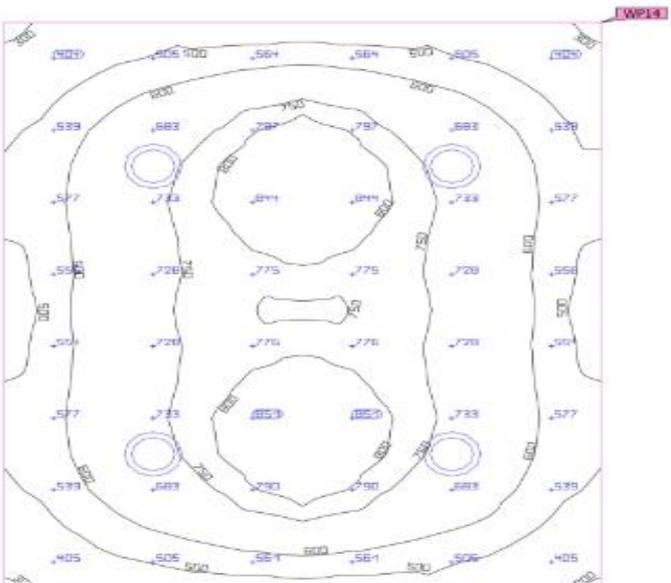
Número de Unidades	Fuentes de Luz				Ilustración
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	
4	SYLVANIA	2052603	100	996	
1	SYLVANIA	2052603	100	796	
Layout					
					



**Figura 23.** Análisis de iluminancia en el cuarto de granallado.

Se realiza el rediseño de los planos útiles de iluminación usando las siguientes luminarias en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Lista de luminarias para rediseño.

Número de Unidades	Fuentes de Luz				
	Fabricante	No. de artículo	Potencia (W)	Lúmenes (lm)	Ilustración
4	AIRIS HIGHBAY KAYZER	HB200KAY090N	100W	5000	
Layout					
					

A continuación, se obtiene los planos útiles de iluminación rediseñados para la zona de carpintería, como se ilustra en la Figura 24.

Propiedades	$\bar{E}$ (Nominal)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$	$g_2$	Índice
Plano útil (CUARTO DE GRANALLADO) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	638 lx ( $\geq 500$ lx) ✓	286 lx	873 lx	0.45	0.33	WP14

**Figura 24.** Planos útiles de trabajo rediseñados en cuarto de granallado.

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### Conclusiones

En base a la información recolectada en el presente trabajo de investigación, así como los resultados obtenidos después de haber realizado mediciones, análisis de datos y observaciones en la empresa Ecuatran SA, se resume lo siguiente:

- La iluminación de los puestos de trabajo es un factor fundamental al momento de medir la productividad de los trabajadores, también afecta a la salud y ambiente laboral en el cual las personas desarrollan sus actividades; este factor se encuentra regulado por varias normativas como UNE 12464-1, NOM-025-STPS2008; la aplicación de los lineamientos mencionados facilita la disminución de los riesgos laborales relacionados con el sistema de iluminación.
- Con el uso de luxómetro se pudo reconocer la situación lumínica de cada área de trabajo tanto interior como exterior de la zona de producción de la empresa Ecuatrans S.A., con ello se analizó los resultados de la herramienta para generar el diseño propuesto de iluminación óptima y eficiente para cada puesto de trabajo.
- Se concluye que las normativas UNE-EN 12464-1 y NOM-025-STPS son aplicables dentro de la empresa por su actividad económica e inclusión de tipología de cada área de la planta de producción, por ello fue información fundamental para evidenciar si se cumple o no con los niveles establecidos.
- Con los antecedentes y resultados de esta investigación se logró realizar el diseño lumínico considerando todos los parámetros para cumplimiento de normativa y seguridad para el personal, de tal modo que las condiciones donde se ejecuten las actividades sean las adecuadas, el sistema xxx nos permitió el desarrollo de simulaciones con el diseño propuesto con el objetivo de establecer el posible comportamiento de luminarias mejoradas.

## Recomendaciones

Posterior a los resultados y análisis presentados se sugiere lo siguiente:

- Realizar mediciones de iluminación y uso de luxómetro de manera periódica, al menos una vez por año, para evitar bajas del flujo luminoso en cada área de producción, si se requieren cambios de las luminarias es sugerible considerar cual es la temperatura del color, el rendimiento luminoso, el flujo luminoso, precio, potencia y otros factores más que se encuentran detallados en la presente investigación.
- Aplicar el diseño propuesto en esta investigación por cuanto este posee todas las posibles remodelaciones y adiciones necesarias para que cada puesto de trabajo cuente con la iluminación suficiente, este diseño se creó basado en las necesidades evitando la existencia de posibles deslumbramientos con el fin de brindar condiciones óptimas de contraste, además este fue evaluado previamente por tanto la eficacia de este es comprobada.
- Al personal encargado de seguridad y salud ocupacional se sugiere realizar exámenes ocupacionales respecto a la salud visual de los trabajadores para tener datos que permitan mejorar la iluminación o a su vez mantener los niveles de iluminación.
- La iluminación correcta para el área de producción podrá proporcionar mejores niveles de productividad, así como seguridad en las labores y evitar accidentes en cierto nivel, por ello se enfatiza seguir los lineamientos establecidos en las normativas normativa UNE-EN 12464-1 y NOM-025-STPS.
- Se recomienda aprovechar la iluminación natural que algunas áreas poseen dentro de la empresa por ello se debe tener mantenimientos y limpiezas programadas de ventanas, paredes y espacios de iluminación.

## Bibliografía

- [1] J.-H. Lee, J. Moon, and S. Kim, “Analysis of Occupants Visual Perception to Refine Indoor Lighting Environment for Office Tasks,” *Energies*, vol. 7, no. 7, pp. 4116–4139, Jun. 2014.
- [2] L. Núñez, “Discomfort lumínico y su incidencia en las afecciones visuales en los puestos de trabajo del área administrativa de la empresa Dipac Manta S.A.”, Ambato, 2018.
- [3] Á. Morejón, “Condiciones de iluminación que inciden en el confort visual de los ocupantes de laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato - Campus Huachi,” Ambato, 2017. Accessed: Aug. 08, 2022. [Online]. Available: [file:///C:/Users/MAYRA/Downloads/Tesis\\_t1356mshi\(1\).pdf](file:///C:/Users/MAYRA/Downloads/Tesis_t1356mshi(1).pdf)
- [4] Secretaria del trabajo y prevision social, “Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.”, México, 2008.
- [5] V. Ortega, “La Iluminación y su Impacto en la Seguridad Laboral de los Trabajadores del Camal Municipal de la Ciudad de Ambato.”, Ambato, 2017.
- [6] INSHT, “Iluminacion en el puesto de trabajo,” Madrid, 2015. Accessed: Aug. 08, 2022. [Online]. Available: <https://www.insst.es/documents/94886/96076/Iluminacion+en+el+puesto+de+trabajo/9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a>
- [7] UNE 12464.1, “Norma europea sobre la iluminación para interiores.”, España 2003.
- [8] R. Chavarría, “NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo.” Instituto nacional de seguridad e higiene de trabajo, España, 1998,
- [9] Asamblea Nacional del Ecuador, “Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores.” Quito, 1986.

- [10] G. Carhuajulca, “Iluminación eficiente mediante software DIALUX en biblioteca central de la universidad de Piura,” Perú, 2005.
- [11] LATEX, “Iluminación en las áreas de trabajo del Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa (LATEX),” Universidad Veracruzana, p. 54, México, 2008.
- [12] M. P. Castro Guaman and N. C. Murillo Posligua, “Diseño de iluminación con luminarias tipo led basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas,” Tesis de Grado, p. 222, Guayaquil, 2015.
- [13] M. Arco, “Evaluación de la iluminación en las áreas administrativas y postcosecha y su incidencia en la salud de los trabajadores en la empresa Floricola Nevado – Ecuador”, Latacunga, 2014.
- [14] A. Piñeda Geraldo and G. Montes Paniza, “Ergonomía Ambiental: Iluminación y confort térmico en trabajadores de oficinas con pantalla de visualización de datos.” , México, 2014.
- [15] L. Núñez, “Nociones básicas de la luz,” *Comun. Audiov.*, vol. 1, pp. 1–6, 2014, [Online]. Available: <https://www.uv.mx/personal/lenunez/files/2013/06/luz.pdf>
- [16] S. Bertolano, *Electromagnéticas Física 5 °*. 2019. [Online]. Available: [http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/15942/7504-19 FÍSICA Ondas Electromagneticas.pdf?sequence=3](http://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/15942/7504-19_FÍSICA_Ondas_Electromagneticas.pdf?sequence=3)
- [17] A. Rela, “Electricidad y electrónica”, Argentina: Instituto Nacional de Educación Tecnológica, 2010.
- [18] B. Fontal, B. Fontal, T. Suárez, M. Reyes, and F. Bellandi, “Química,” pp. 1–151, Venezuela, 2005.
- [19] K. Minolca, “Medición del valor de reflexión” Konica, vol. III, pp. 51–53, Valencia, 2015.
- [20] B. Giménez, N. Castilla, A. Martínez, and R. Pastor, “Luminotecnia: Magnitudes

- fotométricas básicas. Unidades de medida.” pp. 1–9, 2013, [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/luminotecnia.pdf?sequence=1>
- [21] C. Marín, “El sistema óptica del ojo y la visión binocular”, Madrid: Universidad Complutense, 2006.
- [22] H. Sampieri, “Metodología de la investigación”, 6ta edición, Mc Graw Hill Education, México, 2014.
- [23] S. Venegas, “Reflectancia de las envolventes verticales y su influencia sobre disponibilidad de luz natural,” Univ. del Bío-Bío, vol. II, no. 2, pp. 6–15, 2017, [Online]. Available: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>

## Anexos

### Anexo 1. Encuesta aplicada a trabajadores

#### ECUATRAN SA

#### ENCUESTA ESTRUCTURADA DIRIGIDA AL ÁREA PRODUCTIVA

**Objetivo:** Determinar si la inadecuada iluminación afecta a la seguridad laboral de los trabajadores del área de producción Ecuatran SA

#### Instrucciones:

- Lea detenidamente cada pregunta si tiene dudas consulte al encuestador.
- Responda todas las preguntas sinceramente.
- Cada respuesta se plantea de lo más alto a lo más bajo en importancia

NOMBRE: \_\_\_\_\_

ÁREA: \_\_\_\_\_

OCUPACIÓN: \_\_\_\_\_

ESTATURA: \_\_\_\_\_

#### Cuestionario:

#### 1.- ¿En qué área labora Usted?

Administrativa Operativa

#### 2.- En el área que usted Indique el nivel de iluminación que percibe es:

Excelente\_\_ Muy buena\_\_ Buena\_\_ Regular\_\_ Mala\_\_

#### 3.- ¿Cuán cómodo usted se siente con la iluminación en su puesto de trabajo?

Muy cómodo\_\_ Medio cómodo\_\_ Indiferente\_\_ Poco cómodo\_\_ Nada cómodo\_\_

#### 4.- Si usted pudiera regular la iluminación de su puesto de trabajo para desarrollar sus actividades de mejor manera, preferiría tener:

Mas luz \_\_ Menos luz \_\_ Estoy cómodo\_\_

#### 5.- ¿Cómo calificaría usted la iluminación existente en su lugar de trabajo?

Excesiva\_\_ Normal\_\_ Deficiente\_\_

#### 6.- ¿En cuantas ocasiones usted ha experimentado en su trabajo inconvenientes causados por deslumbramiento “cuando en el área visual se presenta una fuente

**luminosa de brillantez mayor a la iluminación normal” o reflejo “función del sistema nervioso que nos protege de cambios bruscos de la intensidad de luz”?**

Muchas\_\_ Varias\_\_ Algunas\_\_ Pocas\_\_ Ninguna\_\_

**7.- ¿Cuán seguras considera usted las normas de seguridad laboral que Ecuatran SA le brinda?**

Muy seguras\_\_ Medio seguras\_\_ Indiferente\_\_ Poco seguras\_\_ Nada seguras\_\_

**8.- ¿Cuán oportuno es el remplazo de los elementos lumínicos como lámparas, focos y similares de su puesto de trabajo antes de que fallen o termine su vida útil?**

Oportuno\_\_ Medianamente oportuno\_\_ Poco oportuno\_\_ Nada oportuno\_\_

**9.- ¿Padece usted alguno de estos problemas visuales?**

Fatiga visual\_\_ Inflamación de parpados\_\_ Visión borrosa\_\_ Dolor ocular\_\_ Ninguna\_\_

**10.- ¿Cuán importante cree usted que es la evolución correctiva de los niveles de iluminación en su puesto de trabajo?**

Muy importante\_ Importante\_ Neutral\_ Poco Importante\_ Nada importante\_\_

**Anexo 2.** Protocolo de mediciones en Ecuatran SA.

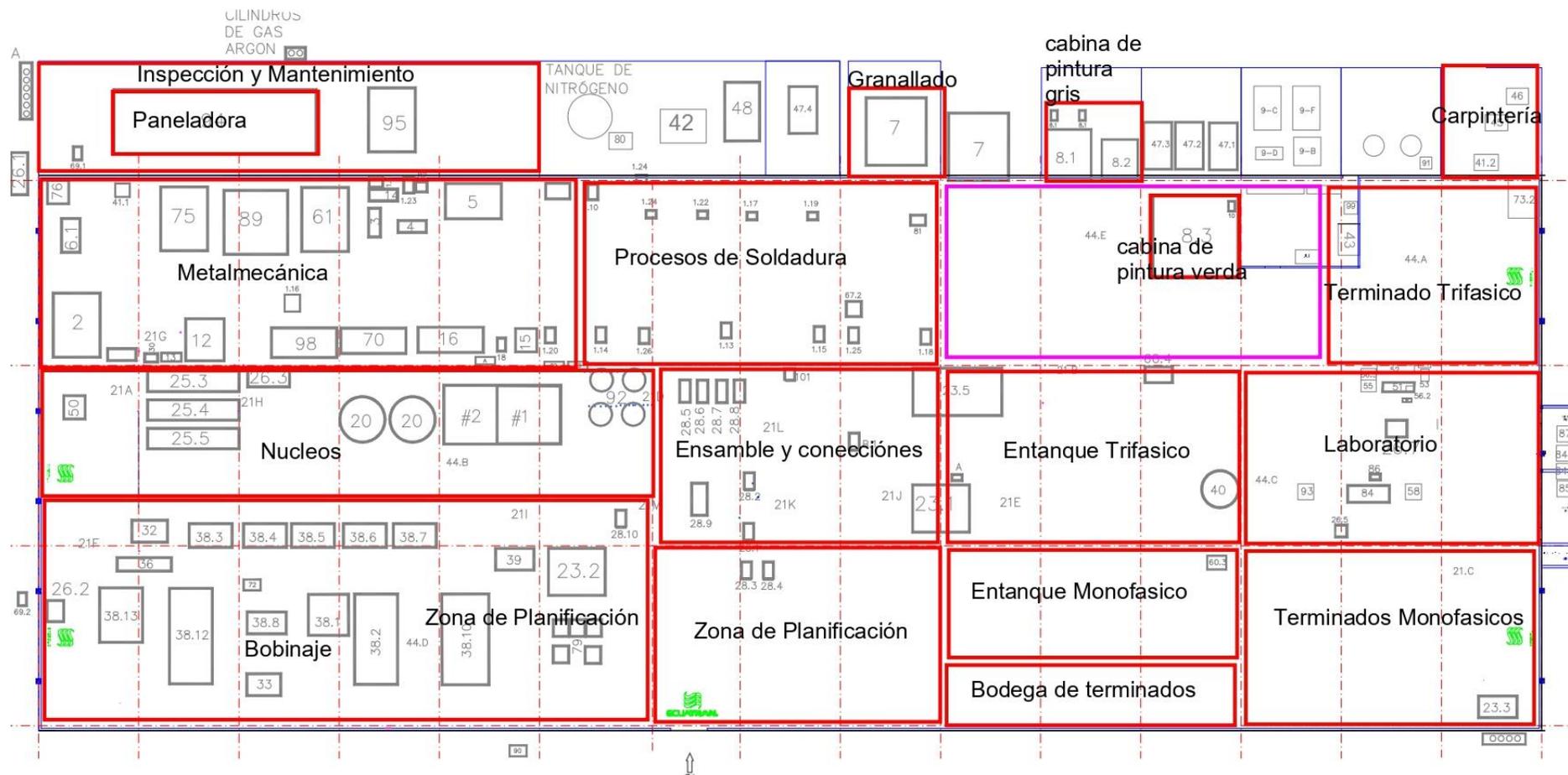
PROTOCOLO PARA MEDICIÓN DE ILUMINACIÓN EN EL AMBIENTE LABORAL									
Razón Social: Ecuatran SA.						RUC: 1890061385001			
Dirección: Venezuela, Santa Rosa									
Datos de la medición									
Punto de muestreo	Hora	Sector	Sección/Puesto / Puesto Tipo	Tipo de iluminación: Natural / Artificial / Mixta	Tipo de Fuente: Lumínica: Incandescente / Descarga / Mixta	Iluminación: General/ Localizada/ Mixta	Valor de la uniformidad de iluminancia E mínima $\geq$ (E media)/2	Valor medio (lux)	Valor requerido (lux)
1		Producción							
2		Producción							
3		Producción							
4		Producción							
5		Producción							
6		Producción							
7		Producción							
8		Producción							
9		Producción							
10		Producción							
Observaciones:									

**Anexo 3.** Tabla de frecuencias

Estadísticos										
	1. ¿En qué área labora Usted?	2. En el área que usted Indique el nivel de iluminación que percibe es:	3. ¿Cuán cómodo usted se siente con la iluminación en su puesto de trabajo?	4. Si usted pudiera regular la iluminación de su puesto de trabajo para desarrollar sus actividades de mejor manera, preferiría tener:	5. ¿Cómo calificaría usted la iluminación existente en su lugar de trabajo?	6. ¿En cuántas ocasiones usted ha experimentado en su trabajo inconvenientes causados por deslumbramiento “cuando en el área visual se presenta una fuente	7. ¿Cuán seguras considera usted las normas de seguridad lumínica laboral que Ecuatran SA le brinda?	8. ¿Cuán oportuno es el remplazo de los elementos lumínicos como lámparas, focos y similares de su puesto de trabajo antes de que fallen o termine su vida útil?	9. ¿Padece usted alguno de estos problemas visuales?	10. ¿Cuán importante cree usted que es la revisión de los niveles adecuados de iluminación en su puesto de trabajo?

							luminosa de brillantez mayor a la iluminación normal” o reflejo “función del sistema nervioso que nos				
N	Válido	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		1,97	3,55	2,89	1,34	2,37	3,08	2,39	2,68	2,66	1,39
Mediana		2,00	4,00	2,50	1,00	2,00	3,00	2,00	3,00	3,00	1,00
Moda		2	4	2	1	2	4	2	2	1 <sup>a</sup>	1
Mínimo		1	2	1	1	2	1	1	1	1	1
Máximo		2	5	5	3	3	5	4	4	5	3
a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.											

**Anexo 4.** Layout de planta y sus áreas de producción.



## Anexo 5. Certificado de calibración



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN / CALIBRATION CERTIFICATE

**INNOVATECIS CIA LTDA**

General José María Guerrero N69-170 y Alfonso del Hierro

Quito, Ecuador

(+593) 02 6040 607

innovatec@innovatec.com.ec

Certificado No. (Certificate #): 23872

Fecha de Recepción (Reception Date): 2022-03-10

Fecha de Calibración (Calibration Date): 2022-03-10

Próxima Fecha de Calibración (Calibration Due): 2023-03

Fecha de Emisión (Emission Date): 2022-03-10

**Cliente (Client):** ECUATRAN S.A.  
Ambato, Santa Rosa km 7 ½ vía a Guaranda

#### Información del Instrumento (Instrument Information)

<b>Equipo (Instrument):</b>	Luxómetro	<b>Int. de Medición:</b>	2000 Lux 20000 Lux 50000 Lux	<b>Código (Code):</b>	LA-LX-01
<b>Marca (Brand):</b>	EXTECH	<b>(Measurement Range)</b>		<b>Ubicación (Location):</b>	-
<b>Modelo (Model):</b>	401025	<b>División de Escala:</b>	1 Lux 10 Lux 100 Lux	<b>Lugar de Calibración</b>	Lab. Innovatec / Innovatec's Lab.
<b>Serie (Serial):</b>	Q165570	<b>(Resolution):</b>		<b>(Place of Calibration):</b>	

#### Datos de Calibración (Calibration Info)

Procedimiento (Procedure): INN-PC-40

#### Condiciones Ambientales (Environmental Conditions)

Temperatura (Temp): (19.8 °C a - °C)

Humedad (Humidity): (46.6 %HR a - %HR)

#### Trazabilidad (Traceability Info)

Patrón (Standard)	Marca (Brand)	Trazabilidad (Traceability)	Cert. #	Última Calibración (Last Cal.)
Luxómetro Patrón	EXTECH	TRESCAL / AZLA	1002148465	2018-05-24
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

#### Resultados (Results)

Patrón (Standard)	UBP (UUT)	Error (Error)	Incertidumbre (Uncertainty)
100.0 Lux	101 Lux	1 Lux	± 2.9 Lux
200.0 Lux	201 Lux	1 Lux	± 8.5 Lux
300.0 Lux	303 Lux	3 Lux	± 8.5 Lux
500.0 Lux	560 Lux	60 Lux	± 15 Lux
1000 Lux	1148 Lux	148 Lux	± 29 Lux

El presente Certificado de Calibración posee la trazabilidad en esta magnitud hacia el Patrón Nacional, a través de la realización de la unidad de medida en el NPL, NIST, u otro Laboratorio Nacional reconocido al Sistema Internacional de Medidas. La calibración fue realizada bajo un Sistema de Gestión de Laboratorio conforme a la Norma ISO/IEC 17025:2017. Los resultados y su incertidumbre reportada con un nivel de confianza de K=2, 95% son relacionados a este instrumento y en el tiempo que se realizó las medidas. Este Laboratorio no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento calibrado. La reproducción parcial es prohibida, la reproducción total deberá hacerse con la autorización escrita aprobada por INNOVATEC Industrial Solutions. This Certificate of Calibration provides traceability of measurement to the National Standard, through units of measurement realized at the NPL, NIST or other recognized National Standard Laboratories to the International System of Units. The calibration was performed under a Laboratory Management System in accordance with the ISO/IEC 17025:2017 Standard. The results and the reported uncertainty at a confidence level of K=2, 95% are related only to this instrument and at the time of measurement. This Laboratory is not responsible for any damages that may result from improper use of the calibrated instrument. Partial reproduction is forbidden, the total reproduction must have an approved written authorization by INNOVATEC Industrial Solutions.

**Comentarios:** Ninguno.  
**Comments:**

**Calibrado por:** Ing. Cesar López  
**Calibrated by:**

**Aprobado por:**  
**Approved by:**



Firmado electrónicamente por  
**Mateo Borquez**  
**Gerente Técnico**

Fin de Certificado (End of Certificate)

**Anexo 5.** Requisitos de iluminación para (áreas) interiores, tareas y actividades UNE-EN 12464-1

**2.6 Industria eléctrica**

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
2.6.1	Fabricación de cable e hilos	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.2	Bobinado:				
	– bobinas grandes	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– bobinas de tamaño medio	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– bobinas pequeñas	750	19	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.3	Impregnación de bobinas	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.4	Galvanización	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.6.5	Trabajo de ensamblaje:				
	– basto, por ejemplo transformadores grandes	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– medio, por ejemplo cuadro de contadores	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– fino, por ejemplo teléfonos	750	19	80	
	– precisión, por ejemplo equipo de medida	1 000	16	80	
2.6.6	Talleres de electrónica, ensayos, puesta a punto	1 500	16	80	

**2.13 Trabajo y tratamiento de metales**

Nº ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
2.13.1	Forja en troquel abierto	200	25	60	
2.13.2	Estampación en caliente	300	25	60	
2.13.3	Soldadura	300	25	60	
2.13.4	Mecanización basta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300	22	60	
2.13.5	Mecanización de precisión; pulido: tolerancias $< 0,1$ mm	500	19	60	
2.13.6	Trazado, inspección	750	19	60	
2.13.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	25	60	
2.13.8	Mecanización de chapas: espesor $\geq 5$ mm	200	25	60	
2.13.9	Chapistería: espesor $< 5$ mm	300	22	60	
2.13.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	19	60	
2.13.11	Montaje:				
	– basto	200	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– medio	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– fino	500	22	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
	– precisión	750	19	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.13.12	Galvanización	300	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.13.13	Preparación de superficies y pintura	750	25	80	
2.13.14	Fabricación de herramientas, patrones, mecánica de precisión, micromecánica	1 000	19	80	

### 2.17 Laminación, instalaciones siderúrgicas

N° ref.	Tipo de interior, tarea y actividad	$\bar{E}_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>	Observaciones
2.17.1	Instalaciones de producción sin intervención manual	50	–	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.2	Instalaciones de producción con intervención manual ocasional	150	28	40	
2.17.3	Instalaciones de producción con intervención manual continua	200	25	80	Para grandes alturas: véase el apartado 4.6.2
2.17.4	Almacén de placas de metal	50	–	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.5	Hornos	200	25	20	Se deben reconocer los colores de seguridad
2.17.6	Tren de laminación, bobinadora, línea de corte	300	25	40	
2.17.7	Plataformas de control; paneles de control	300	22	80	
2.17.8	Ensayos, medición e inspección	500	22	80	
2.17.9	Fosos de tamaño de hombre, secciones de cintas, cuevas, etc.	50	–	20	Se deben reconocer los colores de seguridad

**Anexo 6.** Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición NOM-025-STPS-2008.

Índice de área	A) Número mínimo de zonas a evaluar	B) Número de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

**Anexo 7.** Fiabilidad del instrumento Alfa de Crombach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,950	10