



**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN  
LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE  
QUITO**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Bryan Francisco Barriga Zúñiga

**Tutor**

MSc. Segura D'Rouville Juan Joel

QUITO – ECUADOR  
2024

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, Bryan Francisco Barriga Zúñiga, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre ““REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 18 días del mes de junio de 2024, firmo conforme:

Autor: Barriga Zúñiga Bryan Francisco



Firma

Número de Cédula: 1753414224

Dirección: Pichincha, Quito, Calle 7 y de los ciruelos

Correo Electrónico: [bbarriga2@indoamerica.edu.ec](mailto:bbarriga2@indoamerica.edu.ec)

Teléfono: 0998765456

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “REDESIGNO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO” presentado por Bryan Francisco Barriga Zúñiga, para optar por el Título Ingeniero Industrial,

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Quito, 18 de junio del 2024

**MSC. JUAN JOEL SEGURA D' ROUVILLE**

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Integración Curricular, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, 18 de junio del 2024

A square box containing a handwritten signature in black ink. The signature is stylized and appears to read 'B. Zúñiga'.

**BARRIGA ZÚÑIGA BRYAN FRANCISCO**

1724083413

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: “REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Quito, 18 de junio del 2024

.....

MSC. RON VALENZUELA PABLO ELICIO

LECTOR

.....

MSC. TOPON VISARREA BLANCA LILIANA

LECTOR

## **DEDICATORIA**

A los valientes que enfrentan la inmensidad del mundo sintiéndose pequeños, a los invisibles que pintan su esencia en siluetas olvidadas y a los ignorados cuyos susurros merecen ser escuchados. Esta tesis es un tributo a ustedes, arquitectos de sueños en la sombra, tejedores de historias no contadas. Que estas palabras resplandezcan como faros de reconocimiento, iluminando el valor de aquellos que a menudo son eclipsados. Su grandeza no se mide en tamaño, sino en el impacto inmenso que generan en un mundo que a veces olvida mirar de cerca.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco este logro a mi querida abuelita, quien generosamente me brindó su incondicional apoyo y fue mi inspiración para emprender esta carrera. A mi amada madre, agradezco por enseñarme la invaluable lección de nunca rendirme, siendo mi fuerza en los momentos difíciles. A mi increíble novia Sagy, mi constante apoyo y motivación, gracias por creer en mi capacidad para alcanzar cualquier meta. Este logro lleva la huella de cada una de ustedes, mis seres queridos, quienes iluminaron mi camino con amor y aliento constante.

.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	1
AUTORIZACIÓN PARA EL REPOSITORIO DIGITAL.....	2
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	3
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	4
APROBACIÓN DE LECTORES.....	5
DEDICATORIA.....	6
AGRADECIMIENTO.....	7
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
ÍNDICE DE ANEXOS.....	14
RESUMEN EJECUTIVO.....	15
ABSTRACT.....	16
CAPÍTULO I.....	17
Introducción.....	17
Antecedentes.....	20
Justificación.....	22
Objetivos.....	23
Objetivo General.....	23
Objetivos Específicos.....	23



CAPÍTULO II.....	24
INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	24
Herramientas de ingeniería: Auditoría de la empresa.....	24
Objetivo de la auditoría.....	24
Alcance de la auditoría.....	24
Puntos de evaluación de la NEC.....	24
Criterios de evaluación de la NEC.....	26
Desarrollo de la auditoría de la NEC en la empresa Indicomis .....	27
Resultados de la auditoría en base a la NEC.....	31
Levantamiento de cargas de red de fuerza.....	33
Puntos de evaluación UNE 12464-1 .....	35
Criterios de evaluación de UNE 12464-1 .....	36
Desarrollo de la auditoría de la UNE 12464-1 en la empresa Indicomis.....	37
Resultados de la auditoría en base a la UNE 12464-1 .....	41
Levantamiento de cargas de red de alumbrado.....	42
Área de estudio: .....	44
Modelo Operativo .....	45
Desarrollo del modelo operativo.....	46
Diagnóstico de la situación actual de la red de fuerza y alumbrado .....	46
Levantamiento de carga eléctrica.....	46
Propuesta de rediseño de red eléctrica de fuerza y alumbrado: .....	46

Análisis económico del proyecto: .....	46
CAPÍTULO III.....	47
PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....	47
Consideraciones para el rediseño de la red de fuerza .....	47
Cálculo de la corriente del conductor que une la salida del transformador con el tablero general de distribución .....	48
Cálculo de corriente y potencia para circuitos de fuerza .....	51
Selección de aislamiento para el conductor de red de fuerza .....	59
Consideraciones para el rediseño de la red de alumbrado .....	59
Selección de aislamiento para el conductor de red de alumbrado .....	64
Selección de transformador para instalación eléctrica .....	66
Cálculo de potencia requerida para el transformador .....	66
Cálculo de potencia activa y reactiva.....	66
Potencia del transformador .....	69
Análisis económico del costo del proyecto.....	71
CAPÍTULO IV .....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
Conclusiones .....	77
Recomendaciones .....	78
Bibliografía .....	79
Anexos .....	81

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros de la Norma Ecuatoriana de Construcción empleados .....	25
Tabla 2 Puntos de la NEC de la auditoria a la empresa Indicomis .....	25
Tabla 3 Criterios de evaluación.....	26
Tabla 4 Estructura de la auditoría realizada .....	26
Tabla 5 Clasificación de las viviendas según el área de construcción .....	28
Tabla 6 Auditoria a la empresa Indicomis.....	31
Tabla 7 Levantamiento de carga actual de fuerza de la empresa Indicomis.....	34
Tabla 8 Criterios de evaluación.....	36
Tabla 9 Estructura de la auditoría realizada .....	36
Tabla 10 Auditoría a la empresa Indicomis.....	41
Tabla 11 Levantamiento de carga actual de alumbrado de la empresa Indicomis.....	42
Tabla 12 Levantamiento de carga actual de la red eléctrica de la empresa Indicomis .....	42
Tabla 13 Área de estudio.....	44
Tabla 14 Circuitos eléctricos resultantes para la red eléctrica de fuerza .....	47
Tabla 15 Factores de corrección de temperatura.....	49
Tabla 16 Factor de número de conductores.....	50
Tabla 17 Capacidades de corriente permisibles a través de conductores de cobre recubiertos.....	51
Tabla 18 Valores de corriente de operación con que se fabrican las protecciones convencionales contra sobre corrientes .....	53
Tabla 19 Circuitos de alumbrado propuestos .....	60
Tabla 20 Propuesta de niveles luminosos para cada área correspondiente al servicio luminoso .....	64
Tabla 21 Lista de materiales empleados en el rediseño de la red eléctrica .....	71
Tabla 22 Cronograma de actividades .....	72
Tabla 23 Costo total del proyecto .....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Consumo energético zona andina .....	17
Figura 2 Consumo de energía eléctrica en Ecuador por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad 2022 .....	18
Figura 3 Consumo energético empresa Indicoms .....	19
Figura 4 Tomacorrientes de la empresa Indicoms.....	27
Figura 5 Punto de iluminación de la empresa .....	28
Figura 6 Panel de distribución de la red eléctrica.....	29
Figura 7 Breaker totalizador con conductores neutro y conductor conectado a tierra .....	30
Figura 8 Interruptores de la empresa Indicoms .....	30
Figura 9 Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales .....	35
Figura 10 Datos sobre lámpara LED HIGHBAY UFO 1-50, 50W.....	37
Figura 11 Simulación de luxes en el área de montaje .....	38
Figura 12 Simulación de luxes en el área de trazado .....	38
Figura 13 Simulación de luxes en el área de soldadura.....	39
Figura 14 Resultados de luxes en el área de montaje.....	39
Figura 15 Resultados de luxes en el área de trazado .....	40
Figura 16 Resultados de luxes en el área de soldadura .....	40
Figura 17 Layout de la red eléctrica de la empresa Indicoms .....	43
Figura 18 Modelo operativo del proyecto .....	45
Figura 19 Datos sobre lámpara LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W.....	59
Figura 20 Simulación de iluminación en el área de trazado.....	61
Figura 21 Simulación de iluminación en el área de soldadura.....	61
Figura 22 Simulación de iluminación en el área de soldadura.....	62
Figura 23 Resultados de luxes en el área de trazado.....	62
Figura 24 Resultados de luxes en el área de montaje.....	63
Figura 25 Resultados de luxes en el área de soldadura .....	63
Figura 26 Layout de la propuesta de rediseño de la red eléctrica de la empresa Indicoms .....	65

Figura 27 Tabla de valores normalizados para transformadores trifásicos ..... 70

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Portada Norma Ecuatoriana de la Construcción.....	81
Anexo 2 Estipulaciones para Circuitos según la NEC.....	82
Anexo 3 Portada Norma UNE-12464 .....	83
Anexo 4 Norma UNE 12464.1 Niveles de iluminación empresa de procesamiento y tratamiento de metales.....	84
Anexo 5 Simulación en DIALUX de propuesta de iluminación de Indicoms.....	85
Anexo 6 Layout inicial de Indicoms .....	86
Anexo 7 Layout propuesta de diseño de red de Indicoms .....	87

# **UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN**

### **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:** REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO.

**AUTOR(A):** Barriga Zúñiga Bryan Francisco

**TUTOR (A):** Ing. Juan Joel Segura D'Rouville MSc.

### **RESUMEN EJECUTIVO**

Este estudio se centra en la problemática de la infraestructura eléctrica en Indicoms, una empresa dedicada a la fabricación de estructuras metálicas, la cual tras una auditoría previa mediante el uso de la normativa NEC y UNE 12464-1, se evidenció que existe un cumplimiento normativo del 50% y del 26.06% respectivamente. El propósito principal es modernizar y optimizar su red eléctrica para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad. La metodología empleada incluyó un levantamiento detallado de la carga eléctrica existente, seguido por el rediseño de la red eléctrica de acuerdo con las normativas NEC y UNE 12464-1. Se realizan los cálculos correspondientes a la potencia activa y reactiva para cada circuito de fuerza y alumbrado. Los resultados revelaron que la nueva red eléctrica cumple con el 90% de los puntos evaluados, incluyendo la creación de 4 circuitos de iluminación con 20 focos, distribuidos estratégicamente para garantizar una iluminación uniforme. Además, se implementa 9 circuitos de fuerza para cargas especiales y la determinación de la capacidad del transformador correspondiente a 75 kVA.

**DESCRIPTORES:** auditoría energética, norma ecuatoriana de la construcción, rediseño de redes eléctricas.

**UNIVERSIDAD INDOAMÉRICA**

**FACULTY OF ENGINEERING,  
INDUSTRY AND PRODUCTION  
INDUSTRIAL ENGINEERING**

**INDUSTRIAL ENGINEERING DEGREE**

**TEMA: REDESIGN OF THE POWER AND LIGHTING ELECTRICAL NETWORK AT THE  
INDICOMS METALLIC COMPANY LOCATED IN THE CITY OF QUITO**

**AUTHOR:** Bryan Francisco Barriga Zúñiga

**TUTOR:** MSc. SEGURA D ROUVILLE JUAN JOEL

**ABSTRACT**

This study focuses on the problem of electrical infrastructure in Indicom, a company dedicated to the manufacture of metal structures, which after a prior audit using the NEC and UNE 12464-1 regulations, it was evident that there is regulatory compliance. of 50% and 26.06% respectively. The main purpose is to modernize and optimize your electrical network to improve operational efficiency and security. The methodology used included a detailed survey of the existing electrical load, followed by the redesign of the electrical network in accordance with NEC and UNE 12464-1 regulations. Precise calculations of active and reactive power were carried out for each power and lighting circuit. The results revealed that the new electrical network meets 90% of the points evaluated, including the creation of 4 lighting circuits with 20 spotlights, strategically distributed to guarantee uniform lighting. In addition, 9 power circuits were implemented for special loads and the need for a 75 KVA transformer was determined.

**DESCRIPTORS:** Ecuadorian construction standard, energy audit, redesign of electrical networks.



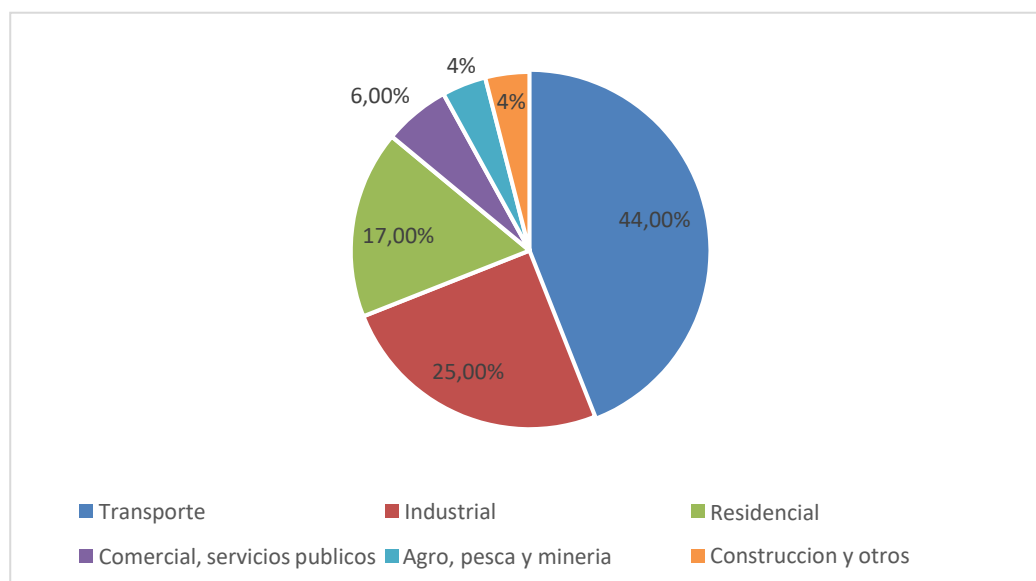
# CAPÍTULO I

## Introducción

Según la información proporcionada por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) el consumo de energía en la Zona Andina, que abarca Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, en el año de 2019, muestra que el consumo total de energía en esta subregión fue de 97 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep). Como se puede ver en la **Figura 1**, el sector de transporte es el más significativo, contribuyendo con el 44% de la matriz energética, seguido por los sectores industrial (25%) y residencial (17%). El 14% restante se distribuye entre los sectores comercial y de servicios, agropecuario y minero, construcción y otros (OLADE, 2021). El sector industrial sigue en relevancia, contribuyendo con el 25% del consumo total. Este hallazgo indica que las actividades industriales desempeñan un papel crucial en el consumo de energía en la región, lo que podría estar vinculado a la producción manufacturera, la maquinaria y otros procesos energéticamente intensivos.

**Figura 1**

*Consumo energético zona andina*

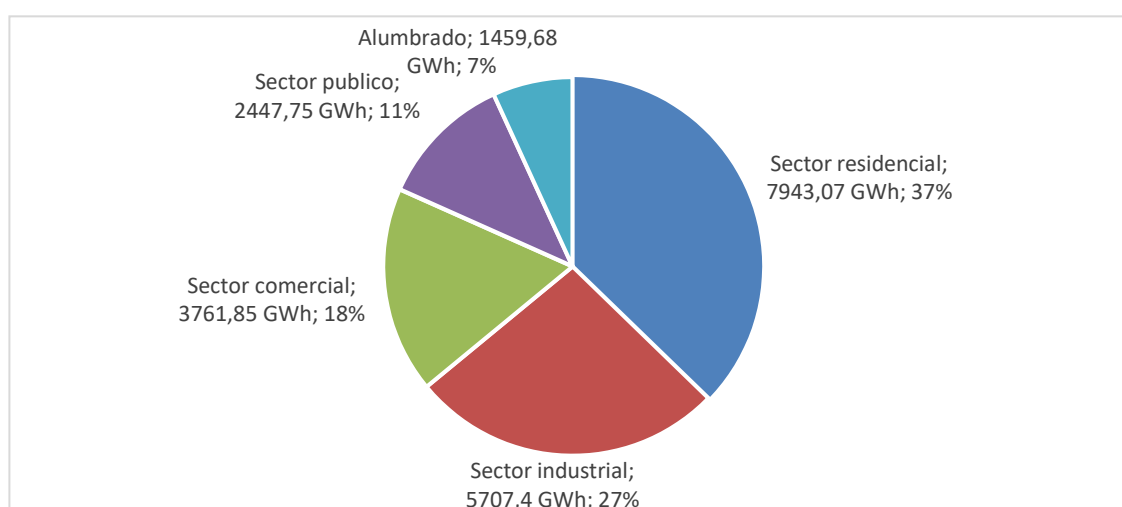


Nota: Porcentaje del uso energético en el sector de transporte, industrial, residencial, comercial, y otros. Hecha por el autor con datos de (OLADE, 2021).

En Ecuador, según los datos del Balance Nacional del año de 2022, de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad con relación al consumo de la misma con fines de servicio público, revelan que el sector residencial se destaca como el principal consumidor de energía eléctrica como se evidencia en la **Figura 2** . Le sigue de cerca el sector industrial, el cual se sitúa como el segundo consumidor de energía eléctrica del país y a causa de esto que la misma en Ecuador proporcione un ambiente propicio para el crecimiento productivo de las industrias. (Jativa, 2022).

**Figura 2**

*Consumo de energía eléctrica en Ecuador por la Agencia de Regulación y Control de Electricidad 2022*

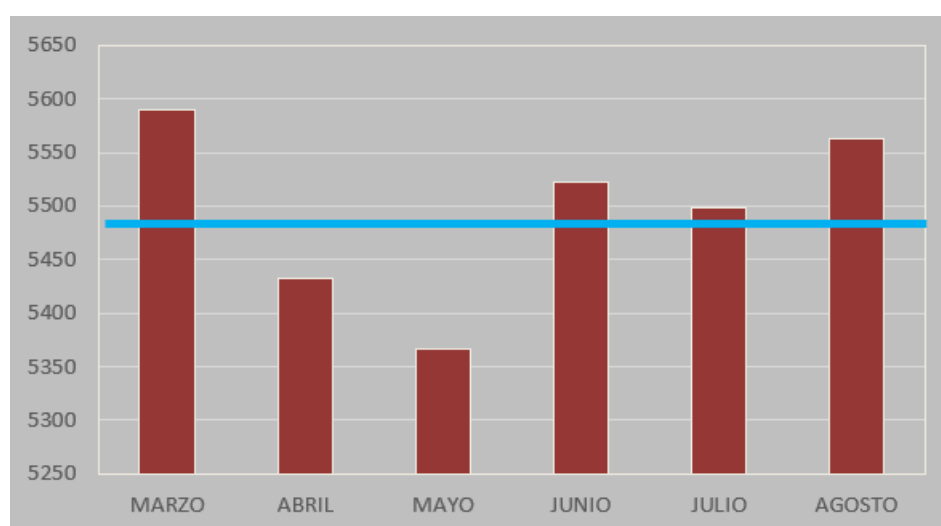


Nota: Porcentaje del uso energético en el sector residencial, industrial, comercial, sapg y otros. Hecha por el autor con datos de (Jativa, 2022).

La Empresa Indicom, ubicada en el barrio de Churuloma, se destaca en la creación de estructuras metálicas, la cual, durante el periodo de marzo a agosto, ha registrado un consumo aproximado de 5495.5 kilovatios-hora como se puede ver en la **Figura 3**. Este dato no solo evidencia la actividad sostenida por parte de la organización en la creación de estructuras metálicas, constituyendo un indicador energético que subraya cómo la empresa mantiene un consumo constante de energía eléctrica.

**Figura 3**

*Consumo energético empresa Indicom*



Nota: Gráfico hecho por el autor con datos de la empresa Indicom

## **Antecedentes**

Indicoms se funda en el año 2015, la misma se ha establecido como una empresa de diseño y construcción de estructuras metálicas, ubicadas en el sector de Tumbaco, específicamente en el Barrio Churoloma. Desde sus inicios, ha dependido de la misma red eléctrica que lamentablemente, no ha experimentado mejoras significativas en el transcurso del tiempo. En 2018, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) estableció la Normativa Ecuatoriana de Construcción para Instalaciones Eléctricas, la cual establece estándares mínimos de seguridad y calidad en las edificaciones, mejora los procesos de control y mantenimiento durante la construcción, reduce el consumo energético y mejora la eficiencia de las edificaciones, garantiza la habitabilidad y la salud en los edificios, y también delimita las responsabilidades, obligaciones y derechos de todos los participantes en el proceso de construcción. La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) es de obligatorio cumplimiento en todo el país, según lo establecido en la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD).

El día 13 de octubre de 2023, se llevó a cabo una Auditoría en la empresa en base a la Normativa Ecuatoriana de Construcción (NEC) específicamente la sección NEC-SB-IE: Instalaciones Eléctricas. Los resultados revelaron un nivel de cumplimiento del 50% en relación a los aspectos evaluados. Dentro de los puntos de incumplimiento detectados durante la auditoría, se identificó que la instalación posee un total de 14 puntos de salidas de tomacorrientes en un solo circuito, a pesar de que la norma específica que no se debe exceder las 10 salidas de tomacorrientes por circuito además de establecer un mínimo de 3 circuitos de tomacorrientes por vivienda.

La NEC establece en el punto 10.1 sobre interruptores y tomacorrientes que, para interruptores, conmutadores y pulsadores, la altura de instalación sobre el nivel del piso debe ser de 1,2 metros. Sin embargo, en la empresa, se identificó que los interruptores se encuentran instalados a una altura de 1,3 metros, lo que representa una violación a las especificaciones de la norma. Además de que los dispositivos denominados como cargas especiales, debido a que sobrepasan los 1500w de potencia, no cuentan con un circuito propio tal y como lo establece la normativa.

A su vez, se llevó a cabo una auditoría conforme a la normativa española UNE 12464-1, centrada en las áreas de trazado, soldadura y montaje mediante el uso de una simulación lumínica en la empresa en el programa de DIA LUX. Con el objetivo de evaluar la iluminación requerida. Se notó que la cantidad actual de luxes en estas áreas no cumple con el porcentaje de cumplimiento normativo, ya que la normativa establece un estándar de 300 y 750 luxes. Esta disparidad refleja la necesidad de realizar una mejora en la iluminación, para garantizar el cumplimiento total con los parámetros establecidos.

## **Justificación**

Esta investigación reviste una **importancia** para el servicio de Indicom, ya que la misma le permitirá contar con un proyecto eléctrico encaminado al rediseño de sus redes de fuerza y alumbrado. Además, podrá conocer la capacidad nominal requerida por un transformador para alimentar la carga eléctrica instalada en la organización.

El presente trabajo de investigación se considera que tendrá un **impacto** significativo en la organización, pues con el rediseño de sus redes, se podrá garantizar un servicio eléctrico dentro de los parámetros de calidad. Asimismo, una red de alumbrado adecuada a la norma vigente tributando de forma positiva en la salud del personal y en su rendimiento laboral.

El proyecto de investigación se considera de **utilidad** para la Empresa Indicom, pues le permitirá a la misma contar con un proyecto eléctrico para el rediseño de su red de fuerza y alumbrado. Además, podrá contar con su propio transformador eléctrico encaminado a un servicio eléctrico de uso exclusivo.

El principal **beneficiario** de esta investigación y de las mejoras planeadas en la infraestructura eléctrica y de iluminación de Indicom será la propia organización. Además, con una red de alumbrado acorde a los niveles de iluminación indicados en la NEC y la normativa UNE 12464-1, se podrá garantizar una salud visual en los trabajadores que laboran en la organización.

La presente investigación se considera **factible**, pues se cuenta con la total apertura por parte de la alta directiva de la organización para la realización de la misma, brindando todas las facilidades requeridas para su desarrollo. Además, se cuentan con todos los medios necesarios para llevar a buen término su realización.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

Proponer el rediseño de la red correspondiente a fuerza y alumbrado de la Empresa Indicoms, tomando como referencia algunos aspectos de la normativa ecuatoriana de construcción NEC y la normativa española de iluminación UNE 12464-1 respectivamente junto con criterios técnicos de ingeniería, con la finalidad de dar servicio eléctrico a toda la carga instalada en la misma.

### ***Objetivos Específicos***

- Realizar una Auditoría y un levantamiento de toda la carga eléctrica instalada correspondiente a fuerza en el servicio, mediante la identificación de los parámetros nominales de cada equipo, con la finalidad de detectar no conformidades en el mismo, conjuntamente toda la potencia a ser alimentada por el transformador.
- Proponer una nueva red eléctrica de fuerza y alumbrado de la Empresa Indicoms, mediante el rediseño del Layout y selección del transformador, encaminado a un servicio eléctrico dentro de las normas establecidas.
- Determinar todos los componentes eléctricos que conforman el rediseño de la red respecto a fuerza y alumbrado, en base a los criterios técnicos que aparecen en las normas antes mencionadas, encaminado al cumplimiento de los requerimientos eléctricos de cada una de las cargas a servir.

## CAPÍTULO II

### INGENIERÍA DEL PROYECTO

Como punto de partida del proyecto, se llevó a cabo una visita técnica a las instalaciones de la empresa Indicom. Durante la misma, se utilizó la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) y la Norma Española UNE 12464-1 como marcos de referencia para llevar a cabo una auditoría detallada. Estas normativas sirvieron como guía esencial para asegurar que se cumplan los estándares y regulaciones necesarios en el ámbito de la construcción y las instalaciones.

#### **Herramientas de ingeniería: Auditoría de la empresa**

##### *Objetivo de la auditoría*

Llevar a cabo una auditoría en la empresa Indicom mediante el uso de la normativa de la construcción (NEC) y la normativa de iluminación UNE 12464-1 para evaluar el estado actual de la empresa en lo que respecta a su cumplimiento de los estándares y regulaciones en el ámbito de la construcción y la iluminación.

##### *Alcance de la auditoría*

El alcance de esta auditoría comprenderá una revisión integral de los sistemas eléctricos implementados de fuerza y alumbrado en la empresa Indicom, que estén relacionados con las normativas NEC y UNE 12464-1.

##### *Puntos de evaluación de la NEC*

A continuación, en la **Tabla 1** se muestra el número total de puntos de la NEC, clasificados en los que fueron aplicados en la empresa por tener relación con la misma y aquellos que no fueron aplicados por no ser relevantes para la investigación.



**Tabla 1***Parámetros de la Norma Ecuatoriana de Construcción empleados*

APLICA	10
NO APLICA	36
<hr/>	
TOTAL	46

Nota: Tabla hecha por el autor

De los 46 puntos de la normativa ecuatoriana de la construcción, como se puede ver en la **Tabla 2** se utilizaron 10 debido a su correspondencia directa con las instalaciones eléctricas de la empresa, mientras que los otros 36 puntos no se consideraron, ya que hacían referencia a parámetros que no eran relevantes o aplicables en el contexto de la empresa.

**Tabla 2***Puntos de la NEC de la auditoría a la empresa Indicoms*

3.2 Estudio de demanda y factor de demanda en tomacorrientes (Literal a)
3.2 Estudio de demanda y factor de demanda en iluminación (Literal b)
3.3 Clasificación de viviendas según el área de construcción en tomacorrientes (Literal a)
3.3 Clasificación de viviendas según el área de construcción en iluminación (Literal b)
4.0 Circuitos (Literal a)
4.0 Circuitos (Literal b)
4.1 Circuitos de iluminación
4.2 Circuitos de tomacorrientes
10.1 Interruptores y tomacorrientes (Literal a)
10.1 Interruptores y tomacorrientes (Literal c)

Nota: Tabla hecha por el autor con datos de (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018)

### ***Criterios de evaluación de la NEC***

Como se aprecia en la **Tabla 3** , los criterios de evaluación de esta auditoría se basaron en el cumplimiento o incumplimiento de los puntos establecidos en la Norma Ecuatoriana de Construcción, los cuales posteriormente fueron puntuados con un símbolo de aprobación.

**Tabla 3**

*Criterios de evaluación*

<b>Criterio</b>	<b>Valoración</b>
Cumple	✓
No cumple	✓

Nota: Tabla hecha por el autor.

Posteriormente, se llevó a cabo la auditoría a la empresa utilizando un formato que incluía la enumeración de los puntos, sus respectivas descripciones y valoraciones como se puede ver en la **Tabla 4** .

**Tabla 4**

*Estructura de la auditoría realizada*

<b>EVALUACIÓN NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EMPRESA INDICOMS</b>				
Entrevistado:	Ing Paul Ulquiango	Fecha:	13/10/2023	
Elaborado por:	Bryan F Barriga			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación

Nota: Formato de auditoría hecho por el autor

### *Desarrollo de la auditoría de la NEC en la empresa Indicom*

En la empresa Indicom existen alrededor de 14 tomacorrientes de 200 W de carga y de cargas especiales, lo cuales están distribuidos por todo el lugar, y como se puede ver en la **Figura 4**, los mismos se encuentran empotrados en la pared a una altura de 1,60 metros desde el nivel del suelo. Según la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC), menciona que no se debe exceder la cantidad de 10 salidas eléctricas por circuito lo que claramente no se está cumpliendo. También se estipula que los enchufes eléctricos comunes deben ser instalados a una altura de 0,40 metros desde el nivel del suelo. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018)

#### **Figura 4**

##### *Tomacorrientes de la empresa Indicom*

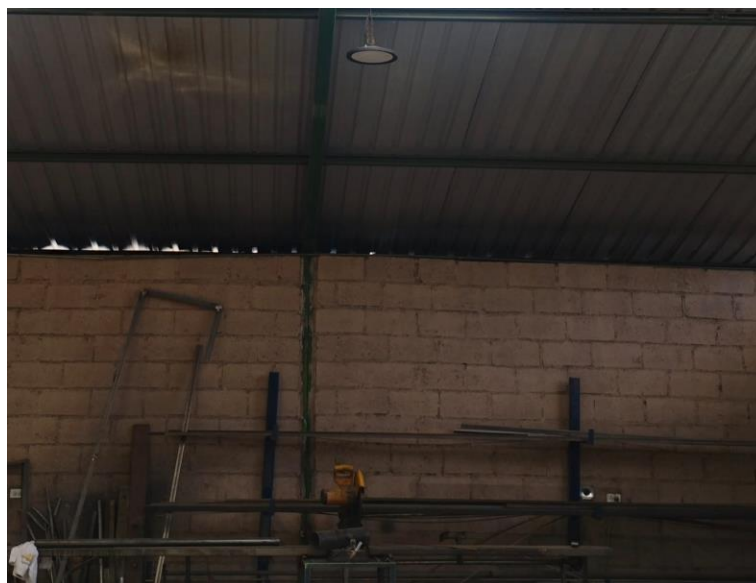


Nota: Fotografía tomada por el autor de la empresa Indicom.

En cuanto a iluminación, se notó la presencia de 4 puntos de iluminación, cada uno con una potencia de 50 vatios, distribuidos en las áreas de trabajo. Estos puntos de luz están ubicados a una altura de 3.5 metros como se evidencia en la **Figura 5**. Según la NEC cada salida de iluminación debe de tener una carga máxima de 100 Vatios. A su vez, no se deben exceder los 15 puntos de iluminación por lo cual se evidencia un incumplimiento en este punto. (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018)

### Figura 5

#### Punto de iluminación de la empresa



Nota: Foto tomada por el autor de la empresa Indicom.

Según el gerente general de la empresa el área de construcción de la misma es de  $225m^2$  y en ella existen alrededor de 1 circuito de tomacorrientes y 2 circuitos de iluminación. En la **Tabla 5** de circuitos mínimos establecidos por la NEC para el tipo de vivienda dependiendo de su área, se puede evidenciar como la misma no es cumplida en cuanto los circuitos de luminosidad y tomacorrientes.

### Tabla 5

#### Clasificación de las viviendas según el área de construcción

TIPO DE VIVIENDA	ÁREA DE CONSTRUCCIÓN (m <sup>2</sup> )	Número Mínimo de Circuitos	
		Iluminación	Tomacorrientes
Pequeña	A < 80	1	1
Mediana	80 < A < 200	2	2
Mediana grande	201 < A < 300	3	3
Grande	301 < A < 400	4	4
Especial	A > 400	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>	1 por cada 100 m <sup>2</sup> o fracción de 100 m <sup>2</sup>

Nota: Tabla tomada del punto 3.3 de la NEC (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018)

Cada circuito cuenta con un soporte de 125% de corriente de la carga máxima. Además, de contar con un propio conductor neutro y conductor conectado a tierra, como se observa en **Figura 6** y **Figura 7** con su panel de distribución para sus circuitos de tomacorrientes y sus circuitos de iluminación, cumpliendo con los parámetros establecidos por la Normativa Ecuatoriana de Construcción que mencionan que cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra (Vivienda, 2018)

**Figura 6**

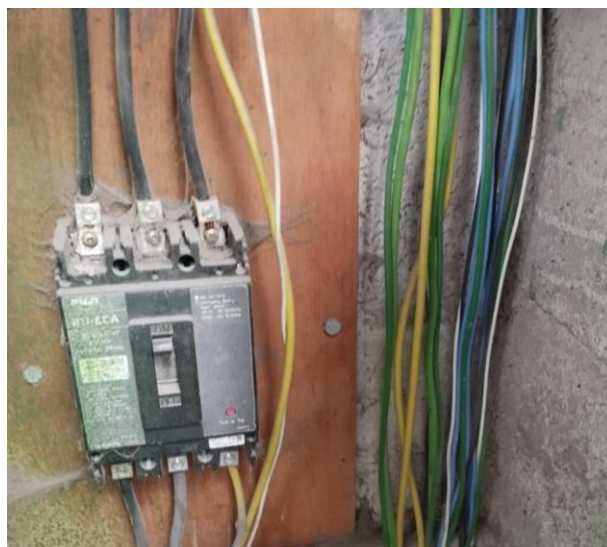
*Panel de distribución de la red eléctrica*



Nota: Foto tomada por el autor de la empresa Indicom.

**Figura 7**

*Breaker totalizador con conductores neutro y conductor conectado a tierra*



Nota: Foto tomada por el autor de la empresa Indicom.

La normativa NEC establece que los interruptores y pulsadores deben ubicarse a una altura de 1.2 metros respecto al nivel del suelo (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018) No obstante, en la empresa, se constató que dichos dispositivos, **Figura 8** , se encuentran instalados a una altura de 1.3 metros sobre el nivel del suelo, lo cual representa un incumplimiento de las regulaciones establecidas por la norma.

**Figura 8**

*Interruptores de la empresa Indicom*



Nota: Foto tomada por el autor de la empresa Indicom.

## Resultados de la auditoría en base a la NEC

Después de llevar a cabo la auditoría en la empresa, **Tabla 6**, se determinó que la empresa cumplía con el 50% de los puntos evaluados, pero no estaba en cumplimiento con el 50% restante. Entre los puntos en los que se identificaron deficiencias se encuentran el 3.3 literal a y b, el 4.2, y el 10.1 literales a y c.

**Tabla 6**

*Auditoría a la empresa Indicoms*

<b>EVALUACIÓN NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN EN EMPRESA INDICOMS</b>				
Entrevistado:	Ing Paúl Ulquiango	Fecha:	13/10/2023	
Elaborado por:	Bryan F Barriga			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación
3.2 Estudio de demanda y factor de demanda en iluminación (Literal a)	Para iluminación: Se debe considerar por cada salida de iluminación una carga máxima de 100 Vatios (W).	✓		
3.2 Estudio de demanda y factor de demanda en tomacorrientes (Literal b)	Para tomacorrientes: Se debe considerar por cada salida de tomacorriente una carga de 200 W.	✓		
3.3 Clasificación de viviendas según el área de construcción en tomacorrientes (Literal a)	3 circuitos de tomacorrientes mínimos.		✓	Existen solo 1 circuito de tomacorrientes
3.3 Clasificación de viviendas según el área de construcción en iluminación (Literal b)	3 circuitos de iluminación mínimos.		✓	Existen 2 circuitos de iluminación

EVALUACION NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION EN EMPRESA INDICOMS				
Entrevistado:	Ing Paúl Ulquiango	Fecha:	13/10/2023	
Elaborado por:	Bryan F Barriga			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación
4.0 Circuitos (Literal a)	Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir.	✓		
4.0 Circuitos (Literal b)	Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra.	✓		
4.1 Circuitos de iluminación	Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación.	✓		
4.2 Circuitos de tomacorrientes	Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro y tierra) para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por circuito y no exceder de 10 salidas.		✓	La empresa cuenta con 14 puntos de salidas de tomacorrientes



EVALUACION NORMATIVA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCION EN EMPRESA INDICOMS				
Entrevistado:	Ing Paúl Ulquiango	Fecha:	13/10/2023	
Elaborado por:	Bryan F Barriga			
Ítem	Descripción	Cumple	No cumple	Observación
10.1 Interruptores y tomacorrientes (Literal a)	Para interruptores, conmutadores y pulsadores; la altura de instalación sobre el nivel de piso debe ser de 1,2 metros del lado de la apertura de la puerta y éstos operativamente deben desconectar el conductor de fase.		✓	Los interruptores están a 1,3 metros del nivel de piso
10.1 Interruptores y tomacorrientes (Literal c)	Los tomacorrientes, de uso general, deben colocarse a 0,40 m del piso terminado, salvo casos especiales como en baños y/o cocinas que pueden ser colocados sobre mesones a 0,10 m.		✓	Los tomacorrientes están a 1,6 metros del nivel del suelo, los cuales fueron instalados arbitrariamente

Nota: Auditoría hecha por el autor con puntos de (Ministerio de desarrollo urbano y vivienda, 2018)

### ***Levantamiento de cargas de red de fuerza***

Posteriormente se realiza un levantamiento de cargas de los diversos equipos presentes en la empresa como se evidencia en la **Tabla 7**, tomando en cuenta las especificaciones técnicas en cada equipo, tales como: frecuencia de funcionamiento, potencia, tipo de carga y amperaje nominal, esto para conocer las especificaciones de potencia requeridas por cada equipo.

**Tabla 7***Levantamiento de carga actual de fuerza de la empresa Indicom*

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Potencia</b>	<b>Tipo de carga</b>	<b>Amperaje nominal</b>
<b>Tronzadora DeWalt DW872</b>	1	60 (Hz)	2200 (W)	monofásica	15 (A)
<b>Plasma Cebora Prof 55</b>	1	60 (Hz)	10000 (W)	monofásica	53.5 (A)
<b>Taladro de pedestal Elan Tools 1 1/2 hp</b>	1	60 (Hz)	1110 (W)	monofásica	10 (A)
<b>Esmeriladora de Banco DW758</b>	1	60 (Hz)	559.27 (W)	monofásica	4.2 (A)
<b>Soldador Cebora EVO 350</b>	1	60 (Hz)	7600 (W)	trifásica	40 (A)
<b>Soldador Millermatic 250</b>	1	60 (Hz)	10000(W)	monofásica	53.5 (A)
<b>Soldador mig elektro 350</b>	2	60 (Hz)	7600 (W)	trifásica	40 (A)
<b>Amoladora DeWalt 9 pulgadas</b>	1	60 (Hz)	2200 (W)	monofásica	15 (A)
<b>Compresor Puma TN 5080VM</b>	1	60 (Hz)	3728 (W)	monofásico	18.64 (A)
Potencia total: = 52597 (W)					

Nota: Tabla con los parámetros nominales de los equipos existentes en la empresa Indicom.

### ***Puntos de evaluación UNE 12464-1***

Dentro de la normativa UNE 12464-1, se identifican ocho puntos que abordan diversas especificaciones relacionadas con la iluminación. Para la auditoría de la empresa, se enfocará específicamente en el punto 7, que se titula "Lista de los requisitos específicos de iluminación." Dentro de este punto, se destacará la sección 7.2 llamada "Lista de áreas de la tarea y actividad," y más específicamente, la **Figura 9**. Esta elección se basa en su correspondencia directa con las necesidades y operaciones de la empresa en términos de iluminación en sus áreas de trabajo.

### ***Figura 9***

#### ***Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales***

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	$\dot{E}_m$ lx	
		requerido <sup>a</sup>	modificado <sup>b</sup>
26.1	Forja en troquel abierto	200	300
26.2	Estampación en caliente	300	500
26.3	Soldadura	300	500
26.4	Mecanización basta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300	500
26.5	Mecanización de precisión; pulido: tolerancias $< 0,1$ mm	500	750
26.6	Trazado; inspección	750	1000
26.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	500
26.8	Mecanización de chapas: espesor $\geq 5$ mm	200	300
26.9	Chapistería: espesor $< 5$ mm	300	500
26.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	1 000
26.11	Montaje:		
26.11.1	- de grandes dimensiones	200	300
26.11.2	- de dimensiones medias	300	500
26.11.3	- de pequeña dimensión	500	750
26.11.4	- precisión	750	1 000
26.12	Galvanización	300	500

Nota: tabla tomada de (CTN72, 2022)

En la empresa, con relación a la normativa, se dispone solo de áreas dedicadas a actividades de trazado, soldadura y montaje. Por lo tanto, se limitará a los puntos 26.3, 26.6 y 26.11 de la normativa UNE 12464-1.

### ***Criterios de evaluación de UNE 12464-1***

Como se aprecia en la **Tabla 8**, los criterios de evaluación de esta auditoría se basaron en los puntos establecidos en la UNE 12464-1 y una comparación con el nivel actual de luxes en las distintas áreas de trabajo, los cuales posteriormente fueron asignados un porcentaje de cumplimiento.

**Tabla 8**

#### *Criterios de evaluación*

Nivel de iluminación mínima por la UNE 12464-1(luxes)	Nivel de iluminación actual (luxes)	Porcentaje de cumplimiento
luxes	luxes	%

Nota: Tabla hecha por el autor.

Posteriormente, se llevó a cabo la auditoría a la empresa utilizando un formato que incluía la enumeración de los puntos, sus respectivas descripciones y valoraciones como se puede ver en la **Tabla 9**.

**Tabla 9**

#### *Estructura de la auditoría realizada*

<b>EVALUACIÓN UNE 12464-1 EN EMPRESA INDICOMS</b>			
Entrevistado:	Ing Paúl Ulquiango		Fecha: 13/10/2023
Elaborado por:	Bryan F Barriga		
Ítem	Nivel de iluminación mínima por la UNE 12464-1(luxes)	Nivel de iluminación actual (luxes)	Porcentaje de cumplimiento

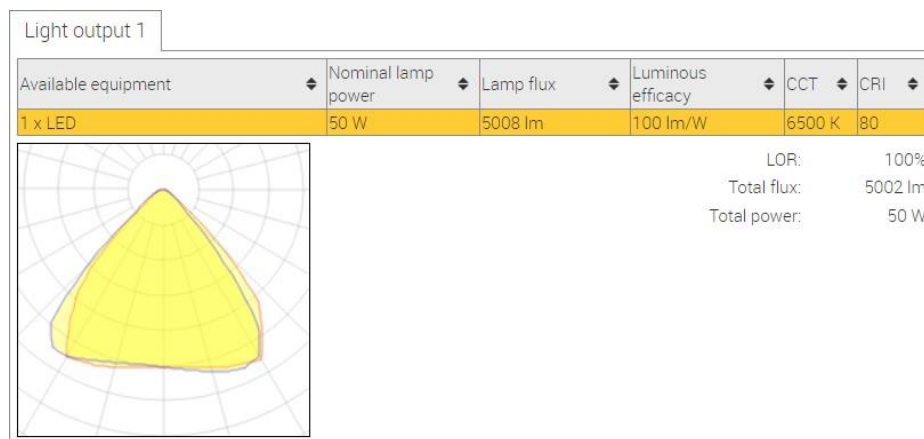
Nota: Formato de auditoría hecho por el autor en base a la normativa UNE 12464-1

## Desarrollo de la auditoría de la UNE 12464-1 en la empresa Indicom

Durante la visita a la empresa se recopilaban datos esenciales sobre la planta para calcular la cantidad de luxes presentes, se identificó que la superficie de la misma era de 225m<sup>2</sup> y contaba con paredes de 3 metros de altura. El techo alcanzaba una altura de 5 metros, en el cual, identificaron 4 puntos de iluminación ubicados a una altura de 3.5 metros. Cada uno de estos puntos estaba equipado con luminarias LED HIGHBAY UFO 1-50 de 50 vatios, como se puede ver en la **Figura 10**, esta lámpara cuenta con 5008 lúmenes.

### Figura 10

Datos sobre lámpara LED HIGHBAY UFO 1-50, 50W



Nota: Imagen tomada de (DIALUX LUMINAIRE FINDER, 2023)

### Cálculo de luxes de cada lámpara

Una vez identificados los datos de los puntos de iluminación, utilizando la ecuación (1), que relaciona la potencia de iluminación, la altura de montaje y los luxes, se pudo calcular los luxes proporcionados por cada uno de los focos en los distintos lugares de trabajo.

$$E = \frac{I}{(d)^2} \quad (1)$$

$$E = \frac{2290cd}{(3.5m)^2}$$

$$E = 186.9 \text{ lux} \approx 187 \text{ lux}$$

Donde:

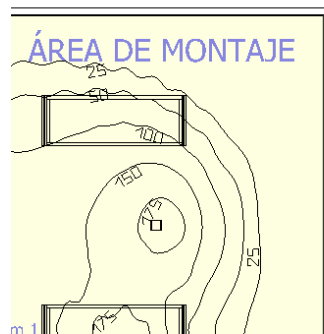
- $E$ : Iluminancia o cantidad de iluminación sobre la superficie iluminada
- $I$ : Intensidad luminosa de la fuente de luz en candela (cd)
- $D$ : Distancia en metros desde el punto de iluminación sobre la superficie iluminada (m)

Este resultado coincide con el resultado obtenido en una simulación de la cantidad de luxes en el área de trazado, montaje y de soldadura realizada en el programa DIALux, como se puede observar en la

**Figura 11, Figura 12 y Figura 13**

**Figura 11**

*Simulación de luxes en el área de montaje*



Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor demostrando el nivel incorrecto de iluminación en el área mostrada.

**Figura 12**

*Simulación de luxes en el área de trazado*

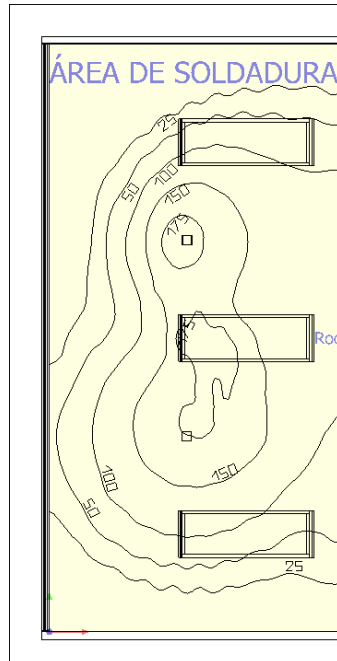


Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor demostrando el nivel

incorrecto de iluminación en el área mostrada.

**Figura 13**

*Simulación de luxes en el área de soldadura*



Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor demostrando el nivel incorrecto de iluminación en el área mostrada.

**Figura 14**

*Resultados de luxes en el área de montaje*

Working plane (Perpendicular illuminance)		
	Actual	Target
Average	78.2 lx	≥ 500 lx
Min	5.69 lx	-
Max	191 lx	-
Min/average	0.073	≥ 0.60
Min/max	0.030	-
Parameter		
Height	0.800 m	

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 15**

*Resultados de luxes en el área de trazado*

<b>Working plane (Perpendicular illuminance)</b>			
	Actual		Target
Average	78.2 lx	≥	500 lx
Min	5.69 lx		-
Max	191 lx		-
Min/average	0.073	≥	0.60
Min/max	0.030		-
<b>Parameter</b>			
Height	0.800 m		

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 16**

*Resultados de luxes en el área de soladura*

<b>Working plane (Perpendicular illuminance)</b>			
	Actual		Target
Average	78.2 lx	≥	500 lx
Min	5.69 lx		-
Max	191 lx		-
Min/average	0.073	≥	0.60
Min/max	0.030		-
<b>Parameter</b>			
Height	0.800 m		

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor



### **Resultados de la auditoría en base a la UNE 12464-1**

Después de llevar a cabo la auditoría en la empresa en base a la normativa de iluminación, **Tabla 10**, se determinó que la empresa cumplía en un 26.06% y un 10.42% con los criterios establecidos en la UNE 12464-1 respectivamente.

**Tabla 10**

*Auditoría a la empresa Indicom*

<b>EVALUACIÓN UNE 12464-1 EN EMPRESA INDICOMS</b>			
Entrevistado:	Ing Paúl Ulquiango	Fecha:	13/10/2023
Elaborado por:	Bryan F Barriga		
Ítem	Nivel de iluminación mínima por la UNE 12464-1(luxes)	Nivel de iluminación actual (luxes)	Porcentaje de cumplimiento de la normativa
<b>ÁREA DE SOLDADURA</b>			
26.3 Soldadura	Se requiere mínimo de 300 luxes en esta área	78.2 luxes	26.06%
<b>ÁREA DE TRAZADO</b>			
26.6 Trazado e inspección	Se requiere mínimo de 750 luxes en esta área	78.2 luxes	10.42%
<b>ÁREA DE MONTAJE</b>			
26.11.2 Montaje de medianas dimensiones	Se requiere mínimo de 300 luxes en esta área	78.2 luxes	26.06%

Nota: Auditoria hecha por el autor con puntos de (CTN72, 2022)

### *Levantamiento de cargas de red de alumbrado*

Posteriormente se realiza un levantamiento de carga correspondiente a la red de alumbrado como se puede ver en la **Tabla 11**.

**Tabla 11**

*Levantamiento de carga actual de alumbrado de la empresa Indicoms*

<b>Lámpara</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia unitaria</b>	<b>Potencia total</b>
LED HIGHBAY UFO 1-50	4	50 (W)	200 (W)
<b>Potencia total= 200 (W)</b>			

Nota: Tabla con los parámetros nominales de las iluminarias existentes en la empresa Indicoms.

**Tabla 12**

*Levantamiento de carga actual de la red eléctrica de la empresa Indicoms*

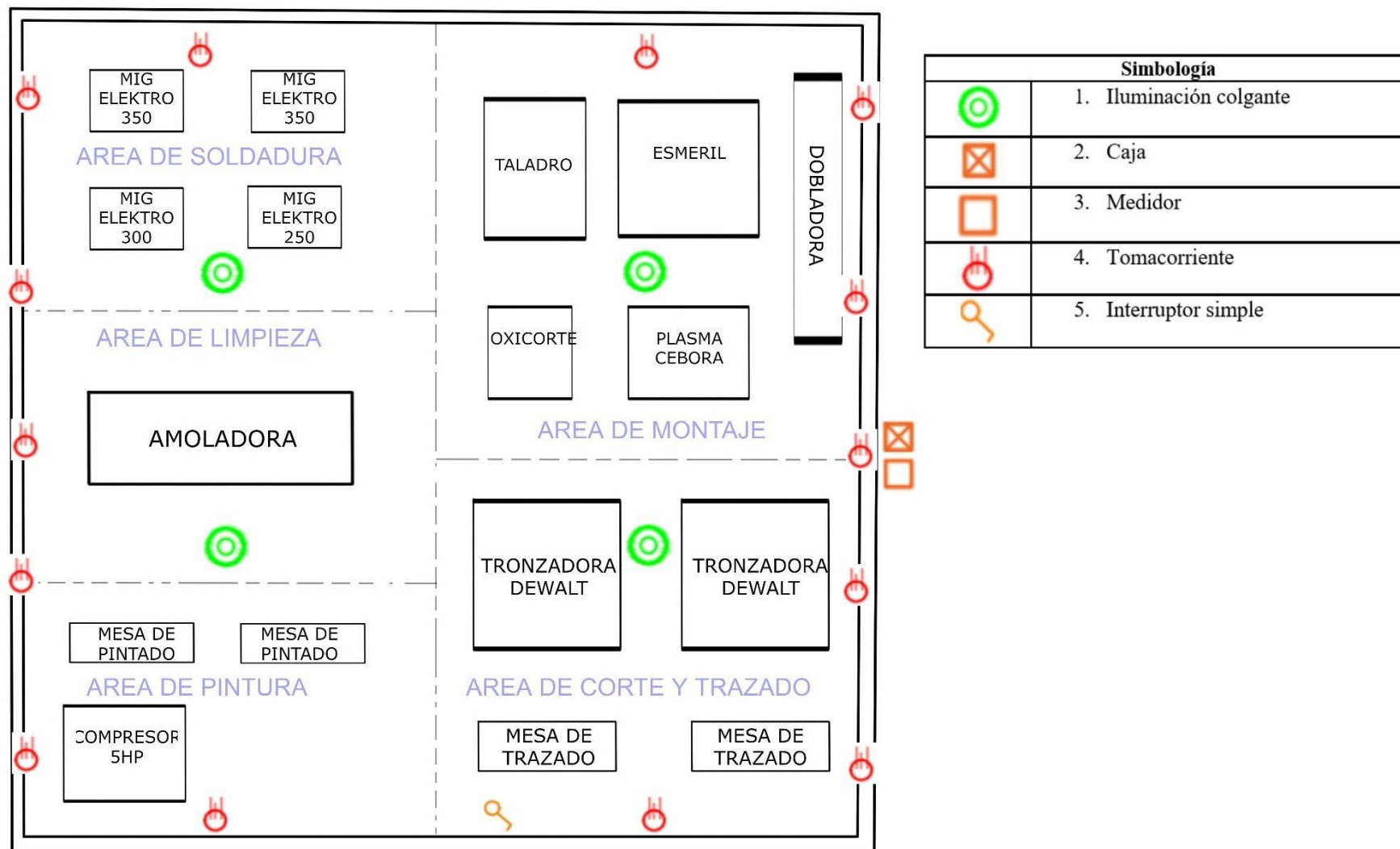
<b>Red eléctrica</b>	<b>Potencia total</b>
Red de fuerza	52597 (W)
Red de alumbrado	200 (W)
<b>Potencia total</b>	<b>52797(W)</b>

Nota: Tabla con la potencia total del equipamiento eléctrico existente en la empresa Indicoms.

Una vez identificada la carga eléctrica mediante el levantamiento de las especificaciones de los equipos, se procede a la creación de un layout de la empresa, **Figura 17**. Este diseño detalla la disposición espacial y ubicación precisa de la maquinaria, así como del equipamiento eléctrico en las instalaciones.

**Figura 17**

*Layout de la red eléctrica de la empresa Indicom*



Nota: Layout de la empresa Indicom hecho por el autor con datos de la empresa y simbología de la normativa ecuatoriana IEC 60617

**Área de estudio:**

**Tabla 13**

*Área de estudio*

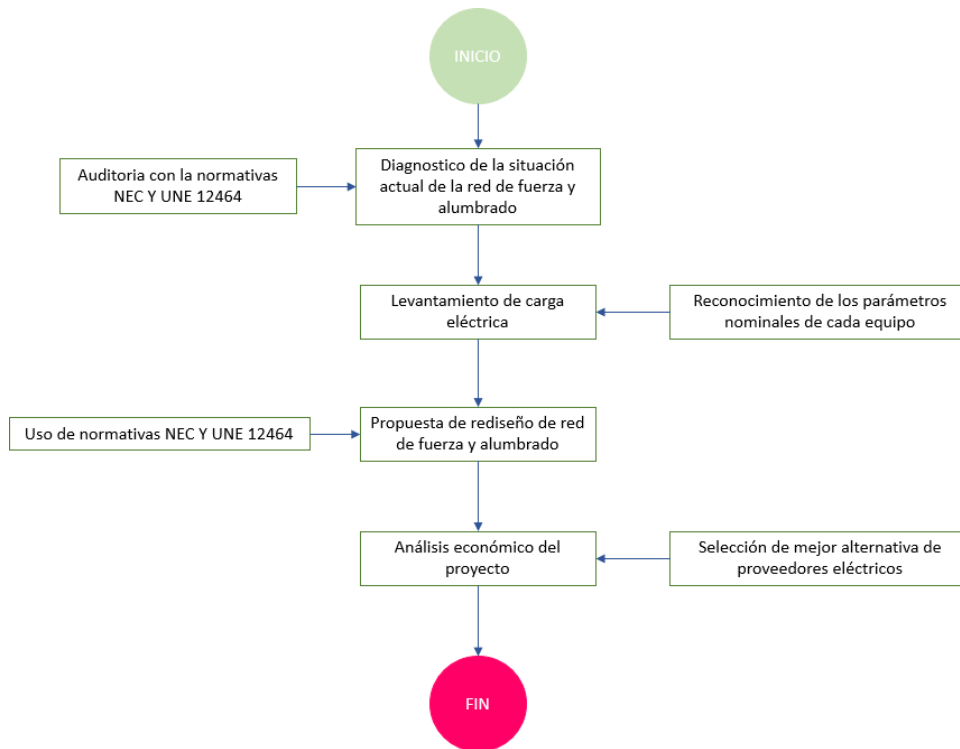
<b>Área de estudio</b>	
<b>Dominio</b>	Tecnología y Sociedad
<b>Línea de investigación</b>	Automatización y redes.
<b>Sub-Línea de investigación</b>	Diseño e implementación de sistemas electromecánicos, eléctricos/electrónicos, para satisfacer necesidades del sector productivo y de servicios mediante herramientas automatizadas.
<b>Campo</b>	Ingeniería Industrial
<b>Área</b>	Instalaciones Industriales
<b>Aspectos</b>	Rediseño de red eléctrica
<b>Objeto de estudio</b>	REDISEÑO DE LA RED ELÉCTRICA DE FUERZA Y ALUMBRADO EN LA EMPRESA METÁLICA INDICOMS UBICADA EN LA CIUDAD DE QUITO
<b>Periodo de análisis</b>	Octubre 2023 a febrero 2024

Nota: Adaptado por el investigador

## Modelo Operativo

Figura 18

Modelo operativo del proyecto



Nota: Modelo operativo hecho por el autor usando el modelo de (Vásquez, 2022)

## **Desarrollo del modelo operativo**

Para el desarrollo de los objetivos propuestos, se utilizará como base la **Figura 18**, esta imagen servirá como punto de partida clave para orientar nuestras metas y estrategias.

### ***Diagnóstico de la situación actual de la red de fuerza y alumbrado***

Para realizar el diagnóstico de la situación actual de la red de fuerza y alumbrado, se llevará a cabo una auditoría aplicando las normativas NEC y UNE 12464-1. Este proceso de evaluación permite analizar la conformidad de la red con los parámetros detallados en estas normativas, identificando áreas de cumplimiento y posibles deficiencias.

### ***Levantamiento de carga eléctrica***

Para realizar el levantamiento de carga eléctrica, se examinarán los parámetros nominales de cada equipo, los cuales están detallados en sus respectivas especificaciones técnicas. Este proceso implica una revisión minuciosa de la información proporcionada por los fabricantes, considerando datos como la potencia nominal, la corriente eléctrica, y otros detalles técnicos esenciales.

### ***Propuesta de rediseño de red eléctrica de fuerza y alumbrado:***

Se propone llevar a cabo un rediseño integral de la red eléctrica de fuerza y alumbrado en la empresa, empleando las normativas NEC y UNE 12464-1. Al integrar las pautas se busca no solo la aplicación conjunta de las mismas, sino que se busca garantizar que el rediseño cumpla con los estándares que en ellas se mencionan.

### ***Análisis económico del proyecto:***

Se realiza una evaluación detallada de los costos asociados con la implementación de esta iniciativa. Esto incluirá un minucioso análisis de los gastos previstos, considerando factores como la adquisición de materiales y la selección de los proveedores más idóneo.

## CAPÍTULO III PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS

### Consideraciones para el rediseño de la red de fuerza

En la construcción del diseño de la nueva red de fuerza, se abordan las deficiencias identificadas durante la auditoría previa de la empresa. En el caso de los tomacorrientes, se considera la necesidad de contar con al menos tres circuitos de tomacorrientes como lo establece la NEC. No sin antes mencionar que cada circuito no debe exceder las 10 salidas, y se especifica que los circuitos deben ser diseñados con salidas polarizadas (fase, neutro y tierra), junto con una carga estándar de 200 W por salida. Además, se establece que los equipos que sean considerados cargas especiales deben ser diseñados de manera individual para soportar la carga nominal unitaria de cada equipo. Por otro lado, se manifiesta que los tomacorrientes deben ubicarse a una altura de 0.4 metros del nivel del piso.

Dado que las máquinas utilizadas en el proceso requieren una potencia superior a los 1500 W, se clasifican como cargas especiales y por ende cada circuito debe de ser diseñado para soportar la capacidad nominal de cada equipo como se puede ver en la **Tabla 14**.

**Tabla 14**

*Circuitos eléctricos resultantes para la red eléctrica de fuerza*

N.-De circuito	Equipo eléctrico	Potencia nominal (W)	I nominal de cada equipo (A)
1	Tronzadora DeWalt DW872	2200 (W)	15 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		2200 (W)	
2	Plasma Cebora Prof 55	10000 (W)	53.5 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		10000 (W)	
3	Taladro de pedestal Elan Tools 1 1/2 hp	1110 (W)	10 (A)
	Esmeriladora de Banco DW758	559.27 (W)	4.2 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		1669.27 (W)	

<b>N.-De circuito</b>	<b>Equipo eléctrico</b>	<b>Potencia nominal (W)</b>	<b>I nominal de cada equipo (A)</b>
<b>4</b>	Soldador Cebora EVO 350	7600 (W)	40 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		7600 (W)	
<b>5</b>	Soldador Millermatic 250	10000(W)	53.5 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		10000(W)	
<b>6</b>	Soldador mig elektro 350	7600 (W)	40 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		7600 (W)	
<b>7</b>	Soldador mig elektro 350	7600 (W)	40 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		7600 (W)	
<b>8</b>	Amoladora DeWalt 9 pulgadas	2200 (W)	15 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		2200 (W)	
<b>9</b>	Compresor Puma TN 5080VM	3728 (W)	18.64 (A)
<b>Potencia nominal, total</b>		3728 (W)	

Nota: Tabla de circuitos propuesta por el autor.

### ***Cálculo de la corriente del conductor que une la salida del transformador con el tablero general de distribución***

En los circuitos de fuerza, es imperativo determinar la corriente que circulará por el conductor que une la salida del transformador con el panel general de distribución. Para llevar a cabo este proceso, se procede a realizar los cálculos pertinentes utilizando la ecuación (2) extraída del libro "Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica" de Esteban Amador Martínez (Martínez, 1986).

$$I_a = \frac{1,25 \times I_{mm} + \sum I_{nom} \times F.D}{FT \times FC} \quad (2)$$

Donde:

- $I_{mm}$ : Corriente nominal de la carga que demanda mayor corriente
- $\sum I_{nom}$ : Sumatoria de las corrientes nominales de cada una de las cargas que se encuentran energizadas



- *F. D*: Factor de demanda del circuito alimentado
- *FT*: Factor de temperatura
- *FC*: Factor de número de conductores

Posteriormente se consulta la **Tabla 15** para determinar el factor de temperatura y la **Tabla 16** para el factor de número de conductores. En relación con el factor de temperatura, se opta por un valor de 1, considerando que la operación de la empresa se desarrolla en un rango de temperatura de 0 a 30 grados Celsius. Además, se selecciona un valor de 1,0 para el factor de número de conductores, ya que se anticipa que la cantidad de conductores que transitarán por la misma tubería oscilará entre 1 y 3.

**Tabla 15**

*Factores de corrección de temperatura*

<b>Factores de corrección de temperatura</b>	
<b>Temperatura en °C</b>	<b>FT</b>
<b>0-30</b>	1.0
<b>31-40</b>	0.82
<b>41-45</b>	0.71
<b>46-50</b>	0.58
<b>51-55</b>	0.41

Nota: Tabla de valores de temperatura para FT, hecha por el autor con datos de (Martínez, 1986)

**Tabla 16**

*Factor de número de conductores*

Factor de número de conductores	
Cantidad de conductores en una misma tubería	FC
1-3	1.0
4-6	0.8
7-24	0.7
25-42	0.6
43 o más	0.5

Nota: Tabla de valores de conductores para FC, hecha por el autor con datos de (Martínez, 1986)

Para el factor de demanda (F.D), se emplea un valor de 1, ya que se contempla el escenario más desfavorable en el cual todos los equipos operan a su capacidad máxima. Mientras que para I mm se toma el valor de 53.5 amperios por ser la corriente nominal de la carga con mayor demanda.

$$I_a = \frac{1,25 \times I_{mm} + \sum I_{nom} \times F.D}{FT \times FC} \quad (2)$$

$$I_a = \frac{1,25 \times (53.5) + (15 + 10 + 4.2 + 40 + 53.5 + 40 + 40 + 15 + 18.64) \times 1}{1 \times 1}$$

$$I_a = 303.21 \text{ A}$$

Según los resultados obtenidos, la corriente que circula por el conductor es de 303.21 A, por lo que se concluye que el conductor que conecta el medidor con el panel de distribución en el servicio debe tener una sección transversal correspondiente a un calibre de 500,000 (mil circunferencias) como se puede ver en la **Tabla 17**. En la misma, se entra conociendo el valor de corriente calculada y se escoge el conductor cuyo valor normalizado coincida con la misma, en caso contrario, se escoge el conductor de valor normalizado inmediato superior al valor calculado.

**Tabla 17***Capacidades de corriente permisibles a través de conductores de cobre recubiertos*

Sección transversal del conductor		Tipos de aislamientos: Goma tipo R; tipo RW; tipo RU; tipo RUW; tipo RH-RW; termoplástico tipo T; tipo TW
mm <sup>2</sup>	N° AWG o mil circ	
2.1	14	15
3.3	12	20
5.2	10	30
8.4	8	40
13,3	6	55
21,2	4	70
26,6	3	80
33,6	2	95
42,4	1	110
53,1	0	125
67,7	00	145
85,2	000	165
107,5	0000	195
126,7	250000 (mil circ)	215
152,0	300000 (mil circ)	240
177,3	350000 (mil circ)	260
202,7	400000 (mil circ)	280
253,4	500000 (mil circ)	320

Nota: Tabla para selección de conductor tomada de (Martínez, 1986)

***Cálculo de corriente y potencia para circuitos de fuerza***

A continuación, se lleva a cabo el cálculo de la sección transversal del conductor para seleccionar los conductores de cada circuito de fuerza asociados a la distribución interna. Este proceso es esencial para identificar la protección adecuada que se requiere para cada uno de estos circuitos de fuerza y para ello se utiliza las ecuaciones (3) y (4).

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (3)$$

Donde:

- $I_a$ : Corriente que circula a través del conductor.
- $\sum P$ : Sumatoria de todas las potencias nominales de cada una de las cargas que debe alimentar el conductor
- $V$ : Voltaje nominal al que opera el circuito en voltios
- $\cos\phi$ : Ángulo de factor potencia, se considera de (0,85) por el máximo factor de potencia que puede tener una carga inducida trabajando en plena capacidad.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (4)$$

Donde:

- $I_{breaker}$ : Corriente nominal de la protección de sobre corriente.
- 1.25: Se dimensiona el breaker en un 25% por encima de la corriente de cálculo con la finalidad de que al ocurrir algún proceso transitorio que produzca una sobre corriente inferior al  $1.25 * I_a$  no actúe la protección, evitando operaciones innecesarias de la misma.
- $I_a$ : Corriente del alimentador

Para la elección de un disyuntor o interruptor se realiza mediante la consulta de la **Tabla 18** extraída de (Martínez, 1986)

**Tabla 18**

*Valores de corriente de operación con que se fabrican las protecciones convencionales contra sobre corrientes.*

<b>Fusibles</b>	<b>Disyuntor o breaker (A)</b>
15	15
20	20
25	30
30	40
35	50
40	70
45	100
50	125
60	150
70	175
80	200
90	225
100	250
110	300
125	350
150	400
175	500
200	600
225	700
250	800

Nota: Tabla para selección de breaker tomada de (Martínez, 1986)

### **Circuito 1**

*Tronzadora*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (5)$$

$$I_a = \frac{2200W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 11.76A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 1 se requiere un conductor de calibre AWG 14 debido a que este soporta una capacidad máxima de 15A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (6)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 11.76A$$

$$I_{breaker} = 14.7A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 1 se requiere un breaker de 15 A.

### **Circuito 2**

*Plasma*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (7)$$

$$I_a = \frac{10000W}{220V * 0.85}$$

$$I_a = 53.47A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 2 se requiere un conductor de calibre AWG 6 debido a que este soporta una capacidad máxima de 55A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (8)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 53.47A$$

$$I_{breaker} = 66.83A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 2 se requiere un breaker de 70 A.

### **Circuito 3**

*Taladro y esmeriladora*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (9)$$

$$I_a = \frac{(1110W + 559.27W)}{220V * 0.85}$$

$$I_a = 8.92A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 3 se requiere un conductor de calibre AWG 14 debido a que este soporta una capacidad máxima de 15A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (10)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 8.92A$$

$$I_{breaker} = 11.15A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 3 se requiere un breaker de 15 A.

#### **Circuito 4**

*Soldador Cebora EVO 350*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (11)$$

$$I_a = \frac{7600W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 40.64A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 4 se requiere un conductor de calibre AWG 6 debido a que este soporta una capacidad máxima de 55A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (12)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 40.64A$$

$$I_{breaker} = 50.80A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 4 se requiere un breaker de 70 A.

### **Circuito 5**

*Soldador Millermatic 250*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (13)$$

$$I_a = \frac{10000W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 53.47A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 5 se requiere un conductor de calibre AWG 6 debido a que este soporta una capacidad máxima de 55A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (14)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 53.47A$$

$$I_{breaker} = 66.83A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 5 se requiere un breaker de 70 A.

### **Circuito 6**

*Soldador mig elektro 350*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (15)$$

$$I_a = \frac{7600W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 40.64A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 6 se requiere un conductor de calibre AWG 6 debido a que este soporta una capacidad máxima de 55A.



$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (16)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 40.64A$$

$$I_{breaker} = 50.80A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 6 se requiere un breaker de 70 A.

### **Circuito 7**

*Soldador mig elektro 350*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (17)$$

$$I_a = \frac{7600W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 40.64A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 7 se requiere un conductor de calibre AWG 6 debido a que este soporta una capacidad máxima de 55A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (18)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 40.64A$$

$$I_{breaker} = 50.80A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 7 se requiere un breaker de 70 A.

### **Circuito 8**

*Amoladora*

$$I_a = \frac{\sum P}{V * \cos \theta} \quad (19)$$

$$I_a = \frac{2200W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 11.76A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 8 se requiere un conductor de calibre AWG 14 debido a que este soporta una capacidad máxima de 15A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (20)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 11.76A$$

$$I_{breaker} = 14.7A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 8 se requiere un breaker de 15 A.

### **Circuito 9**

*Compresor*

$$I_a = \frac{\Sigma P}{V * \cos \theta} \quad (21)$$

$$I_a = \frac{3728W}{220W * 0.85}$$

$$I_a = 19.93A$$

En consideración con la **Tabla 17** , para el circuito 9 se requiere un conductor de calibre AWG 12 debido a que este soporta una capacidad máxima de 20A.

$$I_{breaker} = 1.25 * I_a \quad (22)$$

$$I_{breaker} = 1.25 * 19.93A$$

$$I_{breaker} = 24.91A$$

En consideración con la **Tabla 18**, para el circuito 1 se requiere un breaker de 30 A.

### ***Selección de aislamiento para el conductor de red de fuerza***

El aislamiento que debe ser seleccionado para los conductores de cobre correspondiente a cada circuito, tanto de fuerza como de alumbrado, en construcciones industriales, comerciales y residenciales, corresponde al THW, pues el mismo, se puede utilizar en ambiente de trabajo seco y húmedo, soporta una temperatura del local de hasta 75° C y un nivel de voltaje de hasta 600 V.

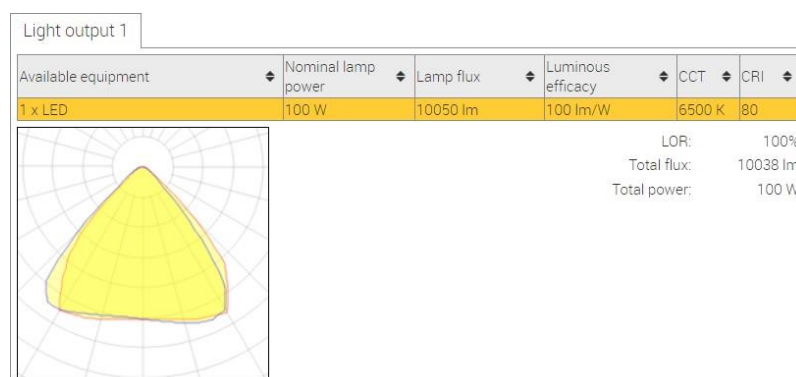
### **Consideraciones para el rediseño de la red de alumbrado**

Al llevar a cabo la reconfiguración de la red de iluminación, resulta imperativo tener presente las disposiciones de la normativa de construcción en Ecuador. De acuerdo con dicha normativa, se establece que para la iluminación se debe considerar una carga máxima de 100 vatios por cada punto de iluminación. Además, se prescribe la implementación de al menos tres circuitos de iluminación, diseñados específicamente para manejar una carga máxima de 15 amperios, sin exceder los 15 puntos de iluminación por circuito.

En este contexto, se ha optado por la creación de cuatro circuitos de iluminación, cada uno con 5 salidas en cada uno. En estos circuitos, se ha decidido realizar una actualización de la iluminación existente, sustituyéndola por lámparas LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W, como se puede ver en la **Figura 19**.

### ***Figura 19***

*Datos sobre lampara LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W*



Nota: Imagen tomada de (DIALUX LUMINAIRE FINDER, 2023)

Cada punto de iluminación en los circuitos mencionados se encuentra ubicado a una altura de 3.5 metros, con una separación uniforme de 2.5 metros entre ellos. Esta disposición estratégica tiene como objetivo asegurar que los niveles de iluminación expresados en lux sean consistentes y uniformes en todas las áreas del galpón de la empresa, como se puede ver en la **Tabla 19**.

**Tabla 19**

*Circuitos de alumbrado propuestos*

<b>N.-De circuito</b>	<b>Dispositivo de iluminación</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia unitaria</b>	<b>I nominal de cada equipo (A)</b>	<b>Potencia total</b>
<b>1</b>	LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	5	100 (W)	0.5(A)	500 (W)
<b>2</b>	LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	5	100 (W)	0.5(A)	500 (W)
<b>3</b>	LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	5	100 (W)	0.5(A)	500 (W)
<b>4</b>	LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	5	100 (W)	0.5(A)	500 (W)

Nota: Tabla de circuitos propuesta por el autor

Posteriormente, se llevó a cabo una simulación en el software DIALux, como se muestra en **Figura 20**, **Figura 21** y **Figura 22**; para evaluar y visualizar el cumplimiento de los niveles de iluminación establecidos por la norma UNE 12464-1.

**Figura 20**

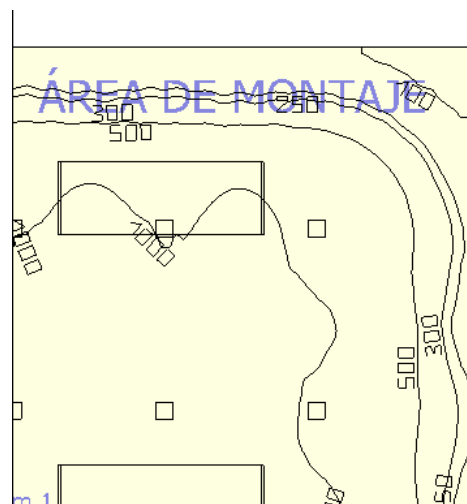
*Simulación de iluminación en el área de trazado*



Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 21**

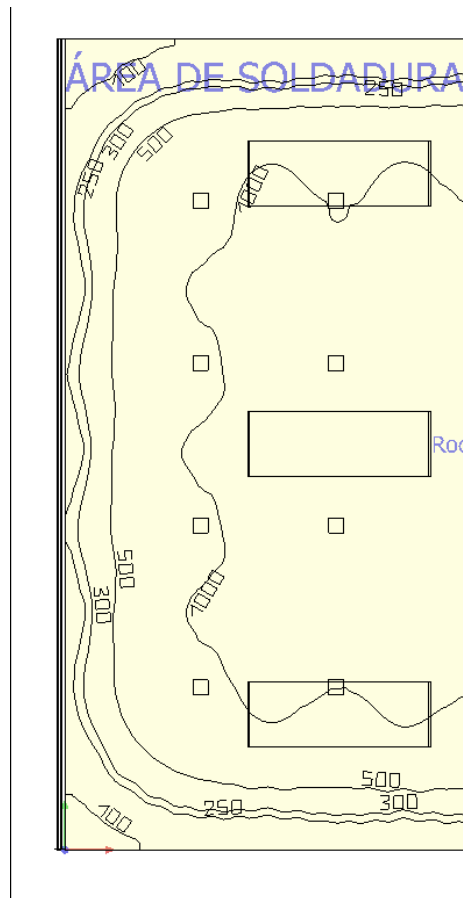
*Simulación de iluminación en el área de montaje*



Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 22**

*Simulación de iluminación en el área de soldadura*



Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 23**

*Resultados de luxes en el área de trazado*

	Actual	Target
<b>Working plane</b> (Perpendicular illuminance)		
Average	783 lx	$\geq 500$ lx
Min	70.3 lx	-
Max	1310 lx	-
Min/average	0.090	$\geq 0.60$
Min/max	0.054	-
<b>Parameter</b>		
Height	0.800 m	

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 24**

*Resultados de luxes en el área de montaje*

	Actual	Target
Average	783 lx	≥ 500 lx
Min	70.3 lx	-
Max	1310 lx	-
Min/average	0.090	≥ 0.60
Min/max	0.054	-

**Parameter**

Height	0.800 m
--------	---------

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

**Figura 25**

*Resultados de luxes en el área de soldadura*

	Actual	Target
Average	783 lx	≥ 500 lx
Min	70.3 lx	-
Max	1310 lx	-
Min/average	0.090	≥ 0.60
Min/max	0.054	-

**Parameter**

Height	0.800 m
--------	---------

Nota: Imagen tomada de simulación en DIALux hecha por el autor

La revisión de la **Tabla 20**, muestra que los niveles de lux presentes en las diferentes áreas cumplen con los estándares luminosos establecidos por la Norma UNE 12464-1. Este cumplimiento asegura un confort visual óptimo para los trabajadores. La implementación de las lámparas LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W ha contribuido significativamente a mantener niveles lumínicos adecuados.

**Tabla 20**

*Propuesta de niveles luminosos para cada área correspondiente al servicio luminoso*

<b>Área</b>	<b>Luxes mínimos establecidos por la Norma UNE 12464.1</b>	<b>Nivel de luxes propuestos</b>
<b>Trazado</b>	750	783
<b>Montaje</b>	300	783
<b>Soldadura</b>	300	783

Nota: Tabla con el número de luxes propuesto hecha por el autor.

### **Selección de aislamiento para el conductor de red de alumbrado**

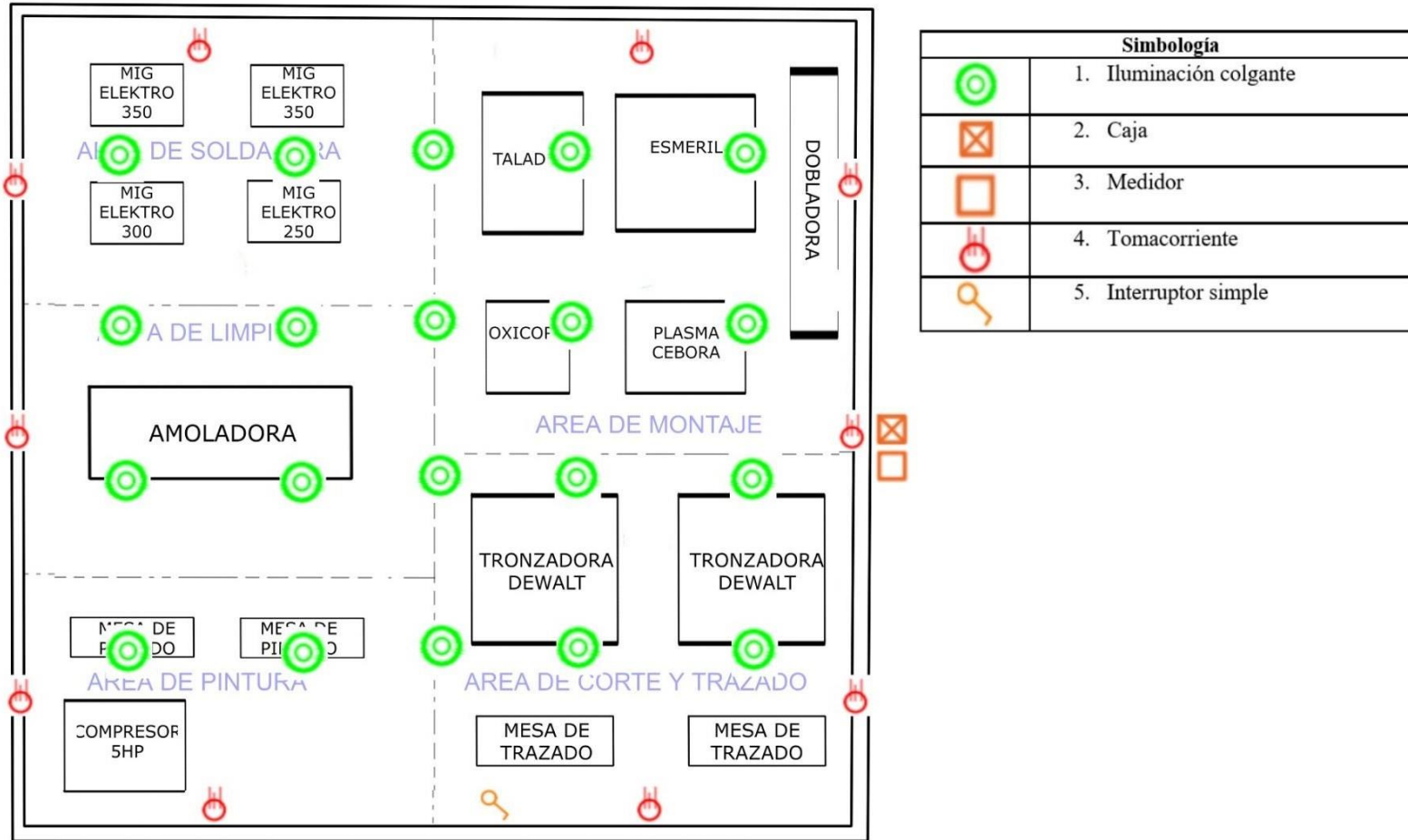
Conforme a las directrices de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su sección 5.2, inciso b, se especifica el uso de conductores de cobre aislado del tipo THHN con una sección mínima de 2.5 mm<sup>2</sup> para la fase, neutro y conductor de tierra (14 AWG) en los circuitos de iluminación. Adicionalmente, se establece que estos conductores deben estar diseñados para suministrar una carga máxima de 15 amperios y no deben exceder los 15 puntos de iluminación.

Como se observa en la **Figura 26**, el diseño general de la empresa ha experimentado cambios sustanciales. Ahora, se han incorporado 10 tomacorrientes distribuidos en 9 circuitos de fuerza, mientras que las salidas de iluminación se han aumentado a 20, distribuidas en 4 circuitos distintos.



**Figura 26**

Layout de la propuesta de rediseño de la red eléctrica de la empresa Indicom



Nota: Layout de la empresa Indicom hecho por el autor con datos de la empresa y simbología de la normativa ecuatoriana IEC 60617

## Selección de transformador para instalación eléctrica

Después de llevar a cabo el rediseño de la red eléctrica de fuerza y alumbrado en Indicom, el siguiente paso crítico implica la selección de un transformador para la instalación. En este proceso, se utiliza la ecuación (23) como criterio de referencia.

### *Cálculo de potencia requerida para el transformador*

$$S_{3\varphi} = \sqrt{(\varepsilon P_{1y3\varphi})^2 + (\varepsilon Q_{1y3\varphi})^2} \quad (23)$$

Donde:

- $\varepsilon P_{1y3\varphi}$ : Sumatoria de la potencia activa de corriente monofásica y trifásica
- $\varepsilon Q_{1y3\varphi}$ : Sumatoria de la potencia reactiva de corriente monofásica y trifásica

### *Cálculo de potencia activa y reactiva*

La determinación de la potencia activa en el proceso de selección de un transformador se basa en los datos previos obtenidos en la **Tabla 14** y **Tabla 19**. Por otro lado, para calcular la potencia reactiva correspondiente, se aplicará las ecuaciones (24) y (25).

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (24)$$

Donde:

- $V$ : Voltaje de línea
- $I$ : Corriente nominal de línea
- $\varphi$ : Ángulo de factor potencia

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x (VxIx \sin \varphi) \quad (25)$$

Donde:

- $V$ : Voltaje de línea
- $I$ : Corriente nominal de línea
- $\varphi$ : Ángulo de factor potencia

En el cálculo del factor de potencia, se establece un valor de 0.85 para el circuito de fuerza, ya que se asume que todos los equipos operan a su máxima capacidad, resultando en un ángulo de fase ( $\varphi$ ) de 31.78 grados. En contraste, para la iluminación, se considera un factor de potencia de 0.90, reflejando un ángulo de fase ( $\varphi$ ) de 25.84 grados.

#### **Potencia reactiva circuito de fuerza 1**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (26)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(15A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 1735.8 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito de fuerza 2**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (27)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(53.5A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 6198.8 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito de fuerza 3**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (28)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(14.2A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 1645 \text{ VAR}$$

#### **Potencia reactiva circuito de fuerza 4**

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x(VxIx \sin \varphi) \quad (29)$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x((220V)x(40)x \sin 31.78^\circ)$$

$$Q_{3\varphi} = 8027.4 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de fuerza 5**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (30)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(53.5A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 6198.8 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de fuerza 6**

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x(VxIx \sin \varphi) \quad (31)$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x((220V)x(40)x \sin 31.78^\circ)$$

$$Q_{3\varphi} = 8027.4 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de fuerza 7**

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x(VxIx \sin \varphi) \quad (32)$$

$$Q_{3\varphi} = \sqrt{3}x((220V)x(40)x \sin 31.78^\circ)$$

$$Q_{3\varphi} = 8027.4 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de fuerza 8**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (33)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(15A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 1737.8 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de fuerza 9**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (34)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(18.64A)x \sin 31.78^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 2159.7 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de iluminación 1**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (35)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(2.5A)x \sin 25.84^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 239.7 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de iluminación 2**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (36)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(2.5A)x \sin 25.84^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 239.7 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de iluminación 3**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (37)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(2.5A)x \sin 25.84^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 239.7 \text{ VAR}$$

**Potencia reactiva circuito de iluminación 4**

$$Q_{1\varphi} = VxIx \sin \varphi \quad (38)$$

$$Q_{1\varphi} = (220v)x(2.5A)x \sin 25.84^\circ$$

$$Q_{1\varphi} = 239.7 \text{ VAR}$$

***Potencia del transformador***

Utilizando la ecuación (23), se llevó a cabo el cálculo de la potencia requerida para el transformador como se puede observar en la ecuación (39). Este proceso incorporó la suma de los valores de la potencia activa y reactiva, resultando en una potencia total de 45,082.36 KVA.

$$\delta_{3\varphi} = \sqrt{(\varepsilon P_{1y3})^2 + (Q_{1y3\varphi})^2} \quad (39)$$

$$\delta_{3\varphi} = \sqrt{(5728)^2 + (44717)^2}$$

$$\delta_{3\varphi} = 45082.36 \text{ VA}$$

En el proceso de selección del transformador, se procede a calcular el 20% del valor obtenido, lo que resulta en 9,016.47 VA. Esta cantidad se suma al resultado previamente adquirido, dando como resultado la necesidad de un transformador con una capacidad total de 54,098.83 VA. Al consultar la tabla de valores normalizados para transformadores trifásicos, se evidencia que la selección más adecuada sería un transformador trifásico de 75 KVA.

**Figura 27**

*Tabla de valores normalizados para transformadores trifásicos*

**TRANSFORMADOR MONOFÁSICO**

KVA	KW	33,000 V	23,000 V	13,200 V	480 V	240 V	120 V
5 KVA	4.5 Kw	0.15 A	0.22 A	0.38 A	10.4 A	20.8 A	41.7 A
10 KVA	9.0 Kw	0.30 A	0.43 A	0.76 A	20.8 A	41.7 A	83.3 A
15 KVA	13.5 Kw	0.45 A	0.65 A	1.14 A	31.3 A	62.5 A	125.0 A
25 KVA	22.5 Kw	0.76 A	1.09 A	1.89 A	52.1 A	104.2 A	208.3 A
37.5 KVA	33.8 Kw	1.14 A	1.63 A	2.84 A	78.1 A	156.3 A	312.5 A
50 KVA	45.0 Kw	1.52 A	2.17 A	3.79 A	104.2 A	208.3 A	416.7 A
75 KVA	67.5 Kw	2.27 A	3.26 A	5.68 A	156.3 A	312.5 A	625.0 A
100 KVA	90.0 Kw	3.03 A	4.35 A	7.58 A	208.3 A	416.7 A	833.3 A
167 KVA	150.3 Kw	5.06 A	7.26 A	12.65 A	347.9 A	695.8 A	1391.7 A

Nota: Ilustración tomada de (appgametutoriales, 2021)

## **Análisis económico del costo del proyecto**

El análisis económico del proyecto, se inicia con la compilación detallada de todos los materiales e implementos necesarios para el rediseño de la red eléctrica de Indicom en un listado, **Tabla 21** . Este ya mencionado no solo contempla los elementos esenciales como conductores de protección, sino también incorpora los dispositivos de iluminación necesarios para el rediseño de la red eléctrica.

### **Tabla 21**

*Lista de materiales empleados en el rediseño de la red eléctrica*

<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>COSTO</b>
Cable 500 MCM Kcmil Cobre THHN/THWN-2	1	184,80\$
Conductor de calibre AWG 14	3	47,40\$
Breaker 15 amperios	3	1,61\$
Conductor de calibre AWG 6	5	31,50\$
Breaker de 70 A	5	28,96\$
Conductor de calibre AWG 12	1	71,30\$
Breaker de 30 A	1	109,48\$
CABLE THW-LS 12 AWG 600V 75-90°	14	1,042\$
LED HIGHBAY UFO 2-100 de 100W	20	93,52\$
Transformador Trifásico Convencional 75 KVA	1	20652\$
<b>TOTAL</b>		<b>21221,612\$</b>

Nota: Los costos asociados a cada elemento se derivan de diversas fuentes confiables, siendo recopilados minuciosamente de múltiples páginas especializadas en instalaciones eléctricas.









MES	ABRIL																				
SEMANA	SEMANA 1					SEMANA 2					SEMANA 3					SEMANA 4					
ACTIVIDADES A REALIZAR	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	
Inicio del proceso de rediseño, instalación de nuevos circuitos, tomacorrientes y dispositivos de iluminación.																					

Nota: Cronograma de actividades hecho por el autor.

Después del análisis de costos de los materiales necesarios para el rediseño de la red eléctrica, se ha elaborado un cronograma de actividades detallado, que se presenta en la **Tabla 22**, delineando claramente las distintas etapas del mejoramiento de la infraestructura eléctrica de la empresa Indicom.

Luego de la elaboración del cronograma de actividades, se procedió a realizar una evaluación de costos totales para la realización del proyecto, la misma contempla los costos de mano de obra, los cuales reflejan la inversión necesaria para llevar a cabo las diversas actividades planificadas, además, se incorporaron los costos de los materiales esenciales requeridos para la implementación como se evidencia en la **Tabla 23**.

**Tabla 23**

*Costo total del proyecto*

<b>Duración del proyecto</b>				
<b>Total, días laborables</b>				20 días
<b>Total, días (incluyendo fines de semana)</b>				28 días
<b>Lista de costes</b>				
<b>Subtotal</b>			<b>Total</b>	
<b>Costo de materiales</b>				21221,61\$
<b>Subtotal</b>		<b>Iva</b>	<b>Total</b>	
Material para rediseño de red eléctrica	21221,61\$	12%	23768,20\$	
<b>Costos generales por mano de obra</b>				\$1315.32
<b>Cantidad</b>	<b>Cargo</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Costo día (8 horas)</b>	<b>Total (20 días de proyecto)</b>
1	Jefe	\$6.95	\$55.6	1112\$
4	Operario	\$4,011	\$32.088	2567,04\$
<b>Total</b>				3679,04\$
<b>Costos por viáticos</b>				
Trabajadores	Descripción	Costo por día	Costo total por día	Total (20 días)
5	Transporte	\$1	5\$	100\$
5	Alimentación	\$2,50	12.5\$	250\$
<b>Total</b>				350\$
<b>Costo total</b>				27797.24\$

Nota: Costos relacionados con el rediseño de la red eléctrica de la empresa Indicom

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

- La realización de una auditoría y un levantamiento exhaustivo de la carga eléctrica instalada correspondiente a fuerza ha sido un paso fundamental en el proceso de mejora de las instalaciones eléctricas. A través de la identificación meticulosa de los parámetros nominales de cada equipo, se ha logrado detectar no conformidades en el sistema, lo que proporciona una visión clara de las áreas que requieren atención y mejora. Además, este proceso ha permitido determinar con precisión la potencia total a ser alimentada por el transformador, lo que es crucial para garantizar un suministro eléctrico adecuado y eficiente. En resumen, la auditoría y el levantamiento de carga eléctrica han sentado las bases para un proceso de mejora continua y una infraestructura eléctrica más segura y eficiente.
- El rediseño del layout y la selección del transformador se han llevado a cabo con el objetivo de ofrecer un servicio eléctrico que cumpla con las normas establecidas. Este proceso ha permitido no solo modernizar y optimizar las instalaciones eléctricas de la empresa, sino también garantizar su conformidad con los estándares de seguridad y eficiencia. En resumen, la propuesta de la nueva red eléctrica representa un paso significativo hacia la mejora continua de las operaciones eléctricas de Indicom.
- La determinación de todos los componentes eléctricos necesarios para el rediseño de la red de fuerza y alumbrado de la Empresa Indicom ha sido un proceso fundamental en la búsqueda del cumplimiento de los estándares técnicos y normativos establecidos. Mediante el análisis detallado de los criterios técnicos presentes en las normativas pertinentes, se ha logrado identificar y seleccionar los elementos adecuados para satisfacer los requerimientos eléctricos de cada carga a servir. Esta meticulosa selección garantiza no solo la eficiencia y seguridad de la red eléctrica, sino también

su capacidad para adaptarse a las necesidades específicas de la empresa.

## Recomendaciones

- Mantener actualizado el levantamiento de carga eléctrica de manera periódica para adaptarse a posibles cambios en la demanda energética a medida que la empresa evoluciona.
- Continuar utilizando datos específicos de las tablas 3, 4 y 5 para el cálculo de potencia activa, asegurando una evaluación precisa de las demandas de energía y facilitando futuras expansiones.
- Se sugiere realizar auditorías regulares para verificar el cumplimiento continuo de la nueva red con las normativas NEC y UNE 12464-1, asegurando que las instalaciones sigan siendo eficientes y seguras.
- Explorar oportunidades para mejorar aún más el cumplimiento normativo, considerando actualizaciones futuras de las normativas y tecnologías eléctricas.
- Mantener registros detallados de los costos asociados al proyecto permitirá una mejor planificación y gestión financiera en futuros proyectos similares.

## Bibliografía

- 72, C. t. (2022). *Luz e iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo*.  
*appgametutoriales*. (05 de octubre de 2021). Obtenido de  
<https://appgametutoriales.com/capacidades-de-transformadores/>
- BID*. (24 de 09 de 2021). Obtenido de <https://blogs.iadb.org/energia/es/cinco-cosas-que-debes-saber-sobre-energia-en-america-latina-y-el-caribe/>
- CTN72*. (2022). *Luz e iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo*.
- DESQBRE*. (s.f.). Obtenido de <https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/produccion-distribucion-y-consumo-de-energia/que-es-la-red-electrica/#:~:text=Al%20conjunto%20de%201%C3%ADneas%20y,electricidad%20de%20nuestro%20sistema%20el%C3%A9ctric>
- DIALUX LUMINAIRE FINDER*. (2023). Obtenido de  
[https://luminaires.dialux.com/en/article/bza6nOdlTLCm3n7HsfZjmA?\\_Y=0](https://luminaires.dialux.com/en/article/bza6nOdlTLCm3n7HsfZjmA?_Y=0)
- hub de energia*. (s.f.). Obtenido de <https://hubenergia.org/index.php/es/indicators/acceso-al-servicio-de-electricidad>
- Jativa, L. H. (2022). *issuu*. Obtenido de <https://issuu.com/utnuniversity/docs/e-book-situacion-perspectiva-energias-renovables/s/16527420>
- Martínez, E. A. (1986). *Problemas resueltos y propuestos de Electrotecnia Básica*.
- Ministerio de desarrollo urbano y vivienda*. (2018).
- OLADE*. (2021). Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Situacion-del-consumo-energetico-a-nivel-mundial-y-para-America-Latina-y-el-Caribe-ALC-y-sus-perspectivas.pdf>
- Oriol, P. (27 de 09 de 2021). *energia solar*. Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/potencia-electrica>
- Termired*. (s.f.). Obtenido de <https://termired.com/fase-neutro>

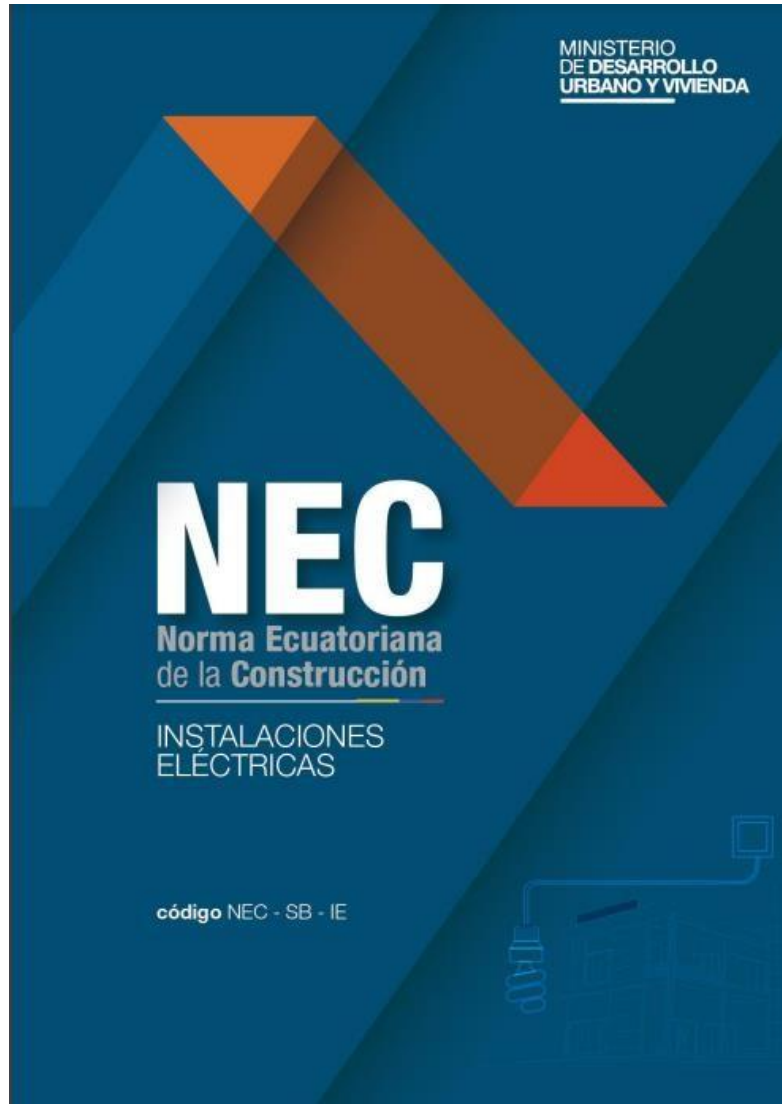




## Anexos

### *Anexo 1*

#### *Portada Norma Ecuatoriana de la Construcción*



## Anexo 2

### Estipulaciones para Circuitos según la NEC

#### **4. Circuitos**

---

La vivienda debe disponer de circuitos independientes de iluminación, tomacorrientes y cargas especiales con las siguientes características:

- a) Los conductores de alimentadores y circuitos deben dimensionarse para soportar una corriente no menor a 125 % de la corriente de carga máxima a servir.
- b) Cada circuito debe disponer de su propio neutro o conductor conectado a tierra.
- c) Cada circuito debe disponer de su propia protección.
- d) Ningún circuito debe compartir servicios entre plantas o niveles diferentes de la vivienda.

#### **4.1. Circuitos de iluminación**

---

Los circuitos de iluminación deben ser diseñados para alimentar una carga máxima de 15 amperios y no exceder de 15 puntos de iluminación.


#### **4.2. Circuitos de tomacorrientes**

---

Los circuitos de tomacorrientes deben ser diseñados considerando salidas polarizadas (fase, neutro y tierra) para soportar una capacidad máxima de 20 amperios de carga por circuito y no exceder de 10 salidas.

## Anexo 3


### Portada Norma UNE-12464



Norma Española  
**UNE-EN 12464-1**  
Marzo 2022

**Luz e iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo**  
**Parte 1: Lugares de trabajo en interiores**

Esta norma ha sido elaborada por el comité técnico CTN 72 Luz, iluminación y báculas, cuya secretaría desempeña ANFALUM.



**UNE**  
Asociación Española  
de Normalización  
Génova, 6 - 28004 Madrid  
915 294 900  
info@une.org  
www.une.org

Este documento ha sido adquirido por INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA a través de la suscripción a AENOR más.  
Para uso en red interna se requiere de autorización previa de AENOR.

## Anexo 4

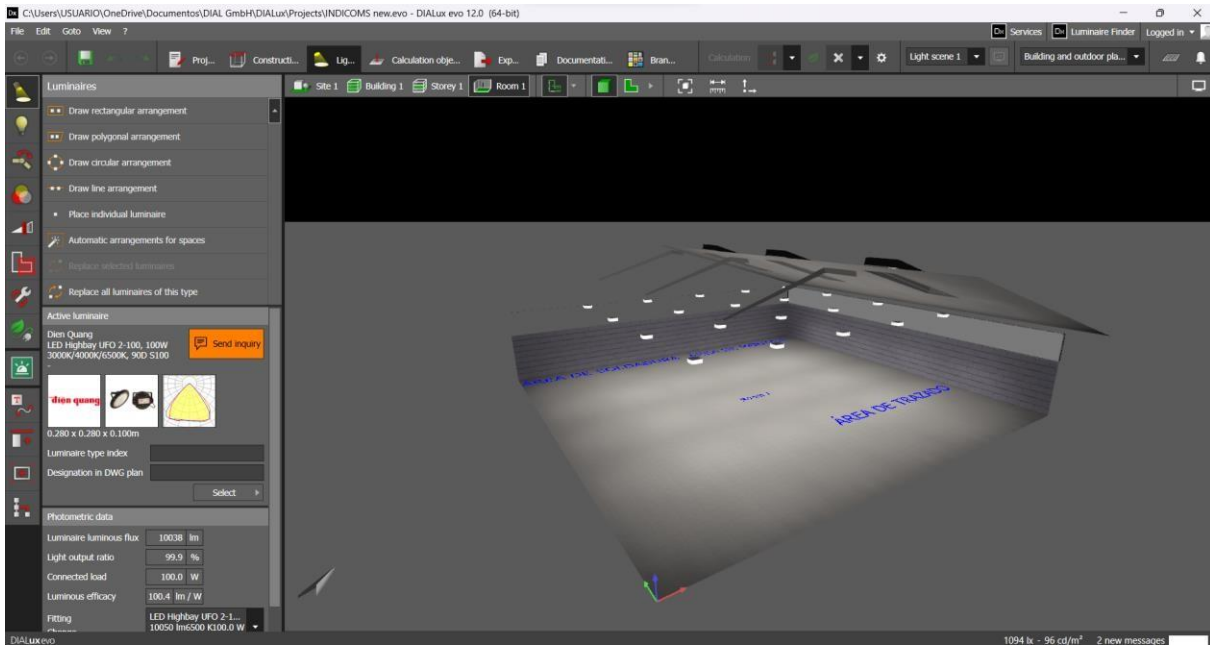
### Norma UNE 12464.1 Niveles de iluminación empresa de procesamiento y tratamiento de metales

Tabla 26 – Actividades industriales y artesanales. Procesado y tratamiento de metales

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	$\bar{E}_m$ lx		$U_o$	$R_a$	$R_{UGL}$	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido <sup>a</sup>	modificado <sup>b</sup>							
26.1	Forja en troquel abierto	200	300	0,60	80	25	50	50	30	
26.2	Estampación en caliente	300	500	0,60	80	25	75	75	30	
26.3	Soldadura	300	500	0,60	80	25	75	75	30	
26.4	Mecanización basta y media: tolerancias $\geq 0,1$ mm	300	500	0,60	80	22	75	75	30	
26.5	Mecanización de precisión; pulido: tolerancias $< 0,1$ mm	500	750	0,70	80	19	150	150	75	
26.6	Trazado; inspección	750	1000	0,70	80	19	150	150	100	
26.7	Talleres de estirado de hilos y tubos; conformado en frío	300	500	0,60	80	25	75	75	30	
26.8	Mecanización de chapas: espesor $\geq 5$ mm	200	300	0,60	80	25	50	50	30	
26.9	Chapistería: espesor $< 5$ mm	300	500	0,60	80	22	75	75	30	
26.10	Fabricación de herramientas; fabricación de equipo de corte	750	1 000	0,70	80	19	150	150	75	
26.11	Montaje:									
26.11.1	- de grandes dimensiones	200	300	0,60	60	25	50	50	30	
26.11.2	- de dimensiones medias	300	500	0,60	80	25	75	75	30	
26.11.3	- de pequeña dimensión	500	750	0,60	80	22	150	150	75	
26.11.4	- precisión	750	1 000	0,70	80	19	150	150	100	
26.12	Galvanización	300	500	0,60	80	25	75	75	30	

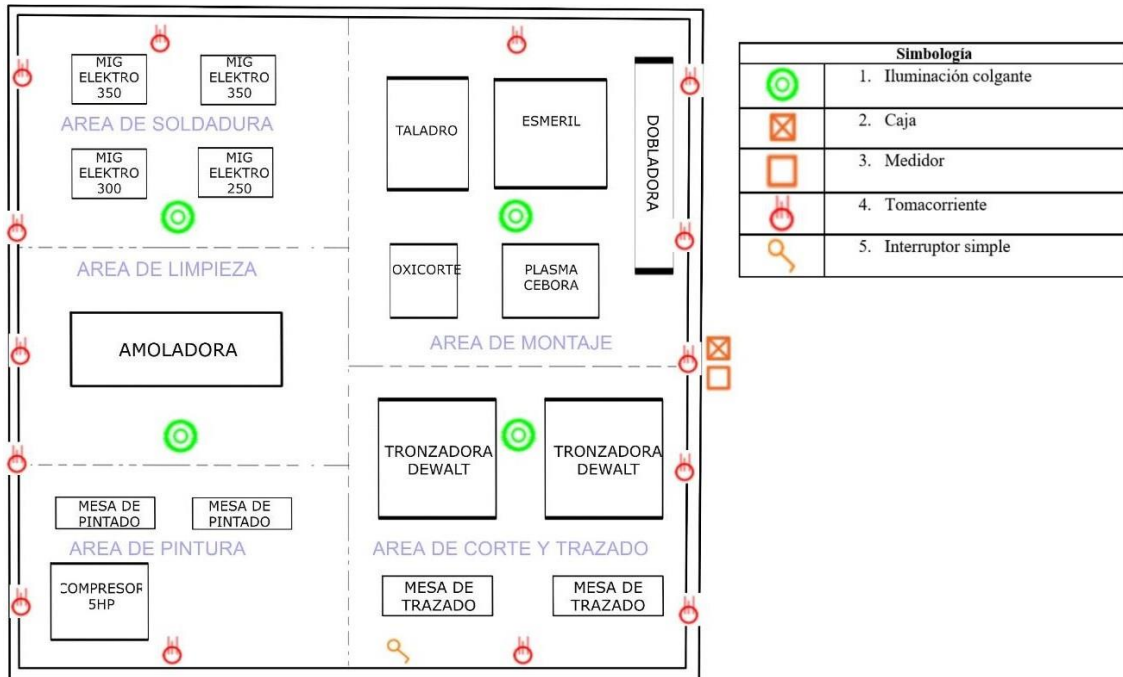
## Anexo 5

### Simulación en DIALUX de propuesta de iluminación de Indicoms



## Anexo 6

### Layout inicial de Indicoms



## Anexo 7

### Layout propuesta de diseño de red de Indicom

